

Серия
справочников
для рабочих



В. А. БЛЮМБЕРГ
Е. И. ЗАЗЕРСКИЙ

СПРАВОЧНИК ФРЕЗЕРОВЩИКА



Ленинград «Машиностроение»
Ленинградское отделение
1984

ББК 34.632.5я2
Б71
УДК 621.914 (031)

Рецензент Г. М. Сергеев

Блумберг В. А., Зазерский Е. И.
Б71 Справочник фрезеровщика. — Л.: Машиностроение, 1984. —
288 с., ил.

В пер. 1 р. 60 к

Справочник содержит сведения об устройстве, наладке и эксплуатации фрезерных станков. Рассмотрены методы и приемы обработки различных деталей. Даны рекомендации по настройке и эксплуатации станков с программным управлением. Включены данные о новых государственных стандартах на оформление чертежей, допуски и посадки, конструкционные и инструментальные материалы и др.
Справочник предназначен для рабочих-фрезеровщиков

Б 2704040000-155
038 (01)-84 155-84

ББК 34.632.5я2
0П4.64 (063)

**Блумберг Виталий Альбертович
Зазерский Евгений Иванович
Справочник фрезеровщика**

Редактор Л. М. Пискер
Художественный редактор С. С. Венедиктов
Технический редактор П. В. Шиканов
Корректоры: З. С. Романова, Е. П. Свирина
Переплет художника В. А. Тюлюкина

ИБ № 3974

Сдано в набор 06.04.84. Подписано в печать 27.08.84. М-34716.
Формат 60×90¹/₁₆. Бумага типсетная № 1. Гарнитура литературная.
Печать высокая. Усл. печ. л. 18,0. Усл. кр.-отт. 18,0. Уч.-изд. л. 24,91.
Тираж 117 000 экз. Заказ 88. Цена 1 р. 60 коп.

Ленинградское отделение ордена Трудового Красного Знамени
издательства «Машиностроение» 191065, Ленинград,
ул. Дзержинского, 10

Ленинградская типография № 6 ордена Трудового Красного Знамени
Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгения Соколова
Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
193144, Ленинград, ул. Моисеенко, 10

© Издательство «Машиностроение», 1984 г.

Предисловие

В решениях XXVI съезда КПСС главным фактором экономического роста нашей страны на период одиннадцатой пятилетки продолжает оставаться повышение производительности труда. Перевод экономики на интенсивный путь развития и вытекающие отсюда задачи машиностроения, обеспечивающего материальную основу технического перевооружения народного хозяйства, особенно серьезны. Это, в свою очередь, требует от каждого машиностроителя, и в том числе рабочего-станочника, соответствующего роста производительности труда, максимальной ликвидации потерь производства, связанных с перестройкой оборудования, рациональным выбором технологического плана обработки, приспособлений и инструмента.

Справочник содержит отобранные с учетом производственных интересов фрезеровщика общие сведения о применяемых единицах физических величин, о системе допусков и посадок по действующему стандарту, минимально необходимые сведения об оформлении машиностроительных чертежей, приводятся также необходимые данные об используемых в машиностроении конструкционных и инструментальных материалах (гл. I).

В главах II—IV приведены сведения о фрезерных станках, их использовании и наладке. Подробно рассмотрен вопрос о программном управлении, и в частности о конструкции, наладке и эксплуатации фрезерных станков с числовым программным управлением. В главах V—VII даны необходимые сведения о конструкциях фрез, об их ассортименте, выпускаемом промышленностью для разнообразных фрезерных работ, а также об установке фрез на станке, о составлении и закреплении наборов фрез, заточке и контроле ее правильности. Гл. VIII посвящена сведениям об установке и закреплении на фрезерных станках, а также основным расчетам, связанным с общими правилами установки; рассмотрены конструкции фрезерных приспособлений; значительное внимание уделено переналаживаемым фрезерным приспособлениям, в том числе используемым на станках с числовым программным управлением. В гл. IX представлены данные по использованию делительных головок для разнообразных фрезерных работ. Даны как расчетные формулы для настройки головки, так и готовые таблицы.

В главах X—XI собран материал, который может оказаться необходимым фрезеровщику при выполнении основных, распространенных фрезерных работ и таких сложных работ, как фрезерование реек, червячных колес, червяков, шлицевых валов, кулачковых и зубчатых муфт, криволинейных контуров, различного типа кулачков и пространственно-сложных поверхностей. Приведены необходимые данные для настройки станка (формулы, схемы), числовые примеры решения задач настройки.

Две последние главы посвящены обобщающим материалам, связанным с рассмотрением путей повышения производительности труда при работе на фрезерных станках. По определенным направлениям (выбор метода обработки, инструмента и параметров режимов резания, применение рациональных способов закрепления заготовок) также приведены данные, заимствованные из практики работы фрезеровщиков—новаторов производства. Рассмотрены вопросы рациональной организации рабочего места фрезеровщика, нормирования фрезерных работ и экономики обработки на станках.

Все замечания, советы, пожелания, направленные на улучшение содержания справочника, будут приняты с благодарностью по адресу: 191065, Ленинград, ул. Дзержинского, 10, ЛО издательства «Машиностроение».

Глава I ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Единицы мер и обозначения

Изготовление связано с измерением. Измерить — это значит сравнить характеризующие величины измерения с другими, которые приняты за единицу. Единица физической величины имеет числовое значение (размер), которое принято за единицу. Основная единица имеет размер, не зависящий от размеров других физических величин; размер производной единицы определяется ее физической зависимостью от других величин.

Совокупность основных и производных единиц, связанных определенными соотношениями, называется *системой единиц*.

В СССР ГОСТ 8.417—81 (СТ СЭВ 1052—78) введена в действие Международная система единиц (СИ); наряду с ней допускается применение некоторых внесистемных единиц. В табл. I.1 приведены некоторые единицы физических величин.

Таблица I.1

Единицы физических величин и переходные коэффициенты

Величина	Система единиц	Единица	Обозначение	Эквивалентная величина в системе СИ
<i>Основные единицы</i>				
Длина	СИ, МКГСС * Внесистемная	Метр	м	—
		Микрон	мкм	10^{-6} м
Масса	СИ, МКГСС Внесистемная	Килограмм	кг	—
		Тонна	т	1000 кг
Время	СИ, МКГСС Внесистемная	Секунда	с	—
		Минута	мин	60 с
Сила электрического тока	СИ	Ампер	А	—
Сила света	СИ	Кандела	кд	—
<i>Производные единицы</i>				
Сила	СИ	Ньютон	Н	—
Сила тяжести (вес)	МКГСС	Килограмм-сила	кгс	9,807 Н
Удельный вес (объемный вес)	СИ	Ньютон на кубический метр	Н/м ³	—
		Килограмм-сила на кубический метр	кгс/м ³	9,807 Н/м ³

Продолжение табл. I.1

Величина	Система единиц	Единица	Обозначение	Эквивалентная величина в системе СИ
Скорость линейная	СИ Внесистемная	Метр в секунду Метр в минуту	м/с м/мин	— 0,0166 м/с
Угловая скорость	СИ Внесистемная »	Радан в секунду Оборот в минуту Оборот в секунду	рад/с об/мин об/с	— $\frac{\pi}{30}$ рад/с 2 π рад/с
Ускорение линейное	СИ	Метр на секунду в квадрате	м/с ²	—
Работа и энергия	СИ МКГСС Внесистемная	Джоуль Килограмм-сила-метр Киловатт-час	Дж кгс·м кВт·ч	— 9,807 Дж 3,6·10 ⁶ Дж
Мощность	СИ МКГСС Внесистемная	Ватт Килограмм-сила-метр в секунду Лошадиная сила	Вт кгс·м/с л.с.	— 9,807 Вт 735,5 Вт
Плоский угол	СИ Внесистемная » »	Радан	рад	—
		Градус	°	$\frac{\pi}{180}$ рад
		Минута	'	$\frac{\pi}{108} \cdot 10^{-2}$ рад
Секунда	"	$\frac{\pi}{648} \cdot 10^{-3}$ рад		
Площадь	СИ	Метр квадратный	м ²	—
Объем	СИ Внесистемная	Кубический метр Литр	м ³ л	— 1·10 ⁻³ м ³
Давление	СИ Внесистемная	Паскаль (Ньютон на квадратный метр)	Па (Н/м ²)	—
		Килограмм-сила на квадратный сантиметр	кгс/см ²	98066,5 Па
Напряжение (внутренняя сила упругости)	СИ Внесистемная	Паскаль Килограмм-сила на квадратный миллиметр	Па кгс/мм ²	— 9,80665·10 ⁶ Па
Термодинамическая температура	СИ	Кельвин **	К	—
Частота	СИ	Герц	Гц	—
Частота вращения	СИ Внесистемная »	Секунда в минус первой степени	с ⁻¹	—
		Оборот в секунду	об/с	1 с ⁻¹
		Оборот в минуту	об/мин	$\frac{1}{60}$ с ⁻¹
Освещенность	СИ	Люкс	лк	—

* Система единиц — метр-килограмм-сила, секунда. ** Кроме температуры по шкале Кельвина допускается применение температуры по шкале Цельсия (°С).

1.2. Сведения об единой системе допусков и посадок

Способность родственных деталей равноценно заменять друг друга в изделиях определяется как взаимозаменяемость. Взаимозаменяемость обеспечивается принятой Единой системой допусков и посадок, в которую входят следующие стандарты: СТ СЭВ 144—75, СТ СЭВ 145—75, СТ СЭВ 177—75, СТ СЭВ 179—75, СТ СЭВ 302—76.

Установлено три диапазона номинальных размеров, в которых поля допусков для сопрягаемых элементов различны: малый до 7 мм; средний до 500 мм; большой от 500 до 3150 мм. Числовые значения допусков устанавливаются в 19 разрядах точности, называемых квалитетами. Каждый квалитет обозначается своим порядковым номером — от 01, 0, 1, 2, ... до 17-го. Примерное соответствие квалитетов и классов точности ОСТ дано в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Примерное соответствие квалитетов ЕСП СЭВ и классов точности ОСТ

Квалитеты	5	6	6	7	7	8	8—9	10	11	12—13	14	15	16	17
	Вал	Отв	Вал	Отв	Вал	Отв								
Классы точности	1		2		2а		3	3а	4	5	7	8	9	10

Основные термины и определения. *Действительный размер* — размер, установленный измерением с допустимой погрешностью.

Предельные размеры — два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер.

Номинальный размер — размер, относительно которого определяются предельные размеры и который служит также началом отсчета.

Отклонение — алгебраическая разность между размером (действительным, предельным и др.) и соответствующим номинальным размером.

Допуск — разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами, или абсолютная алгебраическая разность между верхним и нижним отклонениями.

Поле допуска — поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями. Поле допуска определяется значениями допуска и его положениями относительно номинального размера.

Основное отклонение — одно из двух отклонений (верхнее или нижнее), используемое для определения положения поля допуска относительно нулевой линии, т. е. линии, которая соответствует номинальному размеру.

Основной вал или основное отверстие — вал, верхнее отклонение которого равно нулю, или отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю.

Посадка — характер соединения деталей, определяемый зазорами или натягами в соединении.

Зазор — разность размеров отверстия и вала (или сопрягаемых плоских поверхностей, охватываемых и охватывающих), если размер отверстия больше размера вала.

Натяг — разность размеров вала и отверстия (или сопрягаемых плоских поверхностей, охватываемых и охватывающих) если размер вала больше размера отверстия.

Посадки в системе отверстия — посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются в соединениях различных валов с основным отверстием, нижнее отклонение которого равно нулю.

Посадки в системе вала — посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются в соединениях различных отверстий с основным валом (т. е. валом, верхнее отклонение которого равно нулю).

Обозначения допусков и посадок. Для каждого номинального размера в системах отверстия и вала стандарт СЭВ 145—75 предусматривает ряд допусков и основных отклонений, которые удовлетворяют требованиям по обеспечению необходимых сопряжений деталей.

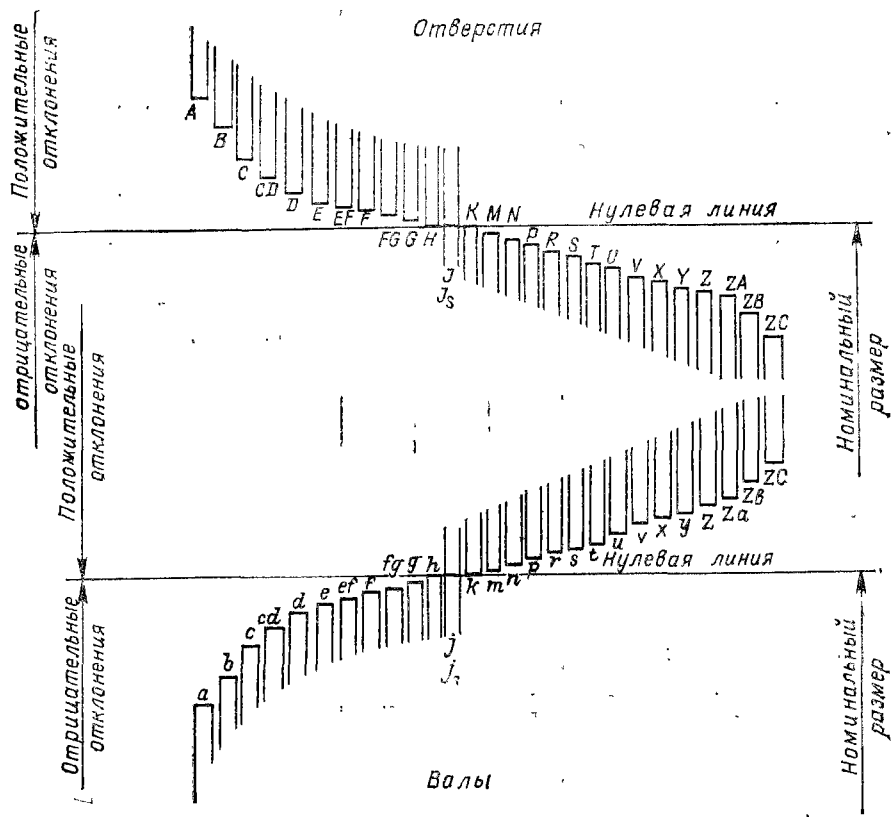


Рис. 1.1.
Положение полей допусков с их обозначениями

Относительные положения полей допусков, установленные по основным отклонениям, ближайшим к нулевой линии, и их обозначения изображены на рис. 1.1.

Допуск, который зависит как от номинального размера, так и от принятого качества, обозначается цифрами, указывающими, к какому качеству он относится. Положение поля допуска относительно нулевой линии, в известной мере характеризующее посадку, обозначается одной или двумя буквами латинского алфавита — прописной для отверстий и строчной для валов (рис. 1.1), например: 50g6; 50H7; 50H11.

В обозначение посадки входит номинальный размер, общий для обеих сопрягаемых поверхностей (например, отверстия и вала), за которым следует обозначение положений полей допусков для каждого из этих элементов, начиная с отверстия, например: 50H7/g6, или 50H7—g6, или $50 \frac{H7}{g6}$.

Стандарты ведомств для отдельных предприятий (заводов, объединений) могут устанавливать большие ограничения на допуски и посадки по сравнению с регламентированными в СТ СЭВ 144—75. Такие дополнительные ограничения вводятся с целью экономии режущих и контрольно-измерительных инструментов применительно к данным конкретным условиям производства. Примером такого стандарта предприятия может служить табл. 1.3, используемая на одном из машиностроительных объединений.

Допуски и посадки по СТ СЭВ 144—75 (стандарт предприятия) Таблица 1.3

Посадки до ОСТ 213-72 сравнимые	Поле допуска (символ)	Интервал размеров, мм													
		от 1 до 3	от 3 до 6	от 6 до 10	от 10 до 18	от 18 до 24	от 24 до 30	от 30 до 40	от 40 до 50	от 50 до 65					
Система отверстий. Предельные отклонения, мкм															
A ₁	H6	+6	0	+8	0	+9	0	+11	0	+13	0	+16	0	+19	
П ₁	js5	+2	-2,5	+2,5	-3	+3	-4	+4	-4,5	+4,5	-5,5	+5,5	-6,5	+6,5	
C ₁	h5	-4	0	-5	0	-6	0	-8	0	-9	0	-11	0	-13	
A	H7	0	+10	0	+12	0	+15	0	+18	0	+21	0	+25	0	+30
F	p6	+4	+10	+8	+16	+19	+12	+23	+15	+29	+17	+33	+20	+39	
H	K6	0	+6	+1	+9	+10	+1	+12	+	+15	+2	+18	+2	+21	
П	j6	-3	+3	-4	+4	-4,5	+4,5	-5,5	+5,5	-6,5	-8	+8	-9,5	+9,5	
C	h6	-6	0	-8	0	-9	0	-11	0	-13	0	-16	0	-19	
Д	g6	-8	-2	-12	-4	-14	-5	-17	-6	-20	-7	-25	-9	-29	

X	h7	-16	-6	-22	-10	-28	-13	-34	-16	-41	-20	-50	-25	-60	-30
A _{2a}	H8	0	+14		+18	0	+22	0	+27	0	+33	0	+39	0	+46
Пр ² _{2a}	u8	+18	+32	+23	+41	+28	+50	+33	+60	+41	+48	+60	+99	+70	+133
Пр ¹ _{2a}	s7	+14	+24	+19	+31	+23	+38	+28	+46	+35	+56	+43	+68	+53	+83
C _{2a}	h7	-10	0	-12	0	-15	0	-18	0	-21	0	-25	0	-30	0
A	H9	0	+25	0	+30	0	+36	0	+43	0	+52	0	+62	0	+74
C ₂	h8	-14	0	-18	0	-22	0	-27	0	-33	0	-39	0	-46	0
X ₁	e8	-28	-14	-38	-20	-47	-25	-59	-32	-73	-40	-89	-50	-106	-60
A ₄	H11	0	+60	0	+75	0	+90	0	+110	0	+130	0	+160	0	+190
X ₄	d11	-80	-20	-105	-30	-130	-40	-160	-50	-190	-65	-240	-80	-290	-100
C ₄	h11	-60	0	-75	0	-90	0	-110	0	-130	0	-160	0	-190	0

Посадки по ОСТ 2Н31-2-72 СРЯТНМБЕ	Поле допуска (символ)	Интервал размеров, мм										
		от 65 до 80	от 80 до 100	от 100 до 120	от 120 до 140	от 140 до 160	от 160 до 180	от 180 до 200	от 200 до 225	от 225 до 250	Система отверстий	Пределы отклонения, мкм
		0	+19	0	+22	0	+25	0	+29			
A ₁	H6	0	+19	0	+22	0	+25	0	+29			
Л ₁	js5	-6,5	+6,5	-7,5	+7,5	-9	+9	-10	+10			
C ₁	h5	-13	0	-15	0	-18	0	-20	0			
A	H7	0	+30	0	+35	0	+40	0	+46			
I	n6	+20	+9	+23	+45	+27	+52	+1	+60			
H	h6	+2	+21	+3	+25	+3	+28	+4	+33			
Л	js6	-9,5	+9,5	-11	+11	-12,5	+12,5	-14,5	+14,5			
C	h6	-19	0	-22	0	-25	0	-29	0			
Л	g6	-29	-10	-34	-12	-39	-14	-4	-15			

X	f7	-60	-30	-71	-35	-83	-43	-96	-50							
A _{2a}	H8	0	+46	0	+54	0	+63	0	+72							
Πρ _{2a}	u8	+102	+148	-124	+178	+170	+233	+190	+253	+273	+308	+235	+330	+306	+284	+330
		+59	+89	+71	+106	+79	+114	+92	+132	+140	+148	+168	+130	+176	+186	+140
C _{2a}	h7	-30	0	-35	0	-40	0	-46	0							
A ₃	H9	0	+74	0	+87	0	+100	0	+115							
C ₃	h8	-46	0	-54	0	-63	0	-72	0							
X ₃	e8	-100	-60	-126	-72	-148	-85	-172	-100							
A ₄	H11	0	+190	0	+220	0	+250	0	+290							
X ₄	d11	-290	-100	-340	-120	-395	-145	-460	-170							
C ₄	h11	-190	0	-220	0	-250	0	-290	0							

Продолжение табл. 1.3

Показатели по ОСТ 2431-2-72 сравните	Поле допуска (символ)	Интервал размеров, мм													
		от 1 до 3	от 3 до 6	от 6 до 10	от 10 до 18	от 18 до 24	от 24 до 30	от 30 до 40	от 40 до 50	от 50 до 65					
		Система валов. Предельные отклонения, мкм													
B ₁	h5	-4	0	-5	0	-6	0	-8	0	-9	0	-11	0	-13	0
Л ₁	J _s 6	-3	+3	-4	+4	-4,5	+4,5	-5,5	+5,5	-6,5	+6,5	-8	+8	-9,5	+9,5
C ₁	H6	0	+6	0	+8	0	+9	+11	0	0	+13	0	+16	0	+19
B	h6	-6	0	-8	0	-9	0	-11	0	-13	0	-16	0	-19	0
Л	J _s 7	-5	+5	-6	+6	-7	+7	-9	+9	-10	+10	-12	+12	-15	+15
C	H7	0	+10	0	+12	0	+15	+18	0	+21	0	+25	0	+30	0

Продолжение табл. 1.3

Посадки по ОСТ 2131-2-72 сравнимые	Поле допуска (символ)	Интервал размеров, мм									
		от 1 до 3	от 3 до 6	от 6 до 10	от 10 до 18	от 18 до 24	от 24 до 30	от 30 до 40	от 40 до 50	от 50 до 65	
		Системы отверстия и вала Предельные отклонения, мкм									
		Посадки размер низкой точности									
A ₅	H12	+100 0	+120 0	+150 0	+180 0	+210 0	+250 0	+300 0			
C ₅	h12	-100 0	-120 0	-150 0	-180 0	-210 0	-250 0	-300 0			
A ₇	H14	+250 0	+300 0	+360 0	+430 0	+520 0	+620 0	+740 0			
B ₇	h14	-250 0	-300 0	-360 0	-430 0	-520 0	-620 0	-740 0			
CM ₇	J _s 14	+125 -125	+150 -150	+180 -180	+215 -215	+260 -260	+310 -310	+370 -370			

Посадки по ОСТ 2431 2-72 сравнительные	Поле Допуска (символ)	Интервал размеров мм																		
		от 65 до 80		от 80 до 100		от 100 до 120		от 120 до 140		от 140 до 160		от 160 до 180		от 180 до 200		от 200 до 220		от 220 до 250		
		Система вала Предельные отклонения мкм																		
B_1	h_5	0	-13	0	-15	0	-10	0	-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A_1	J_6	+9,5	-9,5	+11	-11	+12,5	-12,5	+12,5	-14	+14,5	-14,5	+14,5	-14,5	+14,5	-14,5	+14,5	-14,5	+14,5	-14,5	+14,5
C_1	H_6	+19	0	+22	0	+25	0	+29	0	+29	0	+29	0	+29	0	+29	0	+29	0	+29
B	h_6	0	-19	0	-22	0	-25	0	-29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	J_7	+15	-15	+17	-17	+20	-20	+23	-23	+23	-23	+23	-23	+23	-23	+23	-23	+23	-23	+23
C	H_7	+3	0	+30	0	+4	0	+40	0	+40	0	+40	0	+40	0	+40	0	+40	0	+40

Продолжение табл. 1.3

Посадки по ГОСТ 213-72 Сравнимые	Поле допуска (символ)	Интервал размеров, мм									
		от 65 до 80	от 80 до 100	от 100 до 120	от 120 до 140	от 140 до 160	от 160 до 180	от 180 до 200	от 200 до 225	от 225 до 250	Предельные отклонения, мкм
		Системы отверстия и вала									
Посадки размеров низкой точности											
A ₅	H12	+300 0	+350 0	+400 0	+450 0	+400 0	+450 0	+400 0	+450 0	+400 0	+450 0
C ₅	h12	0 -300	0 -350	0 -400	0 -450	0 -400	0 -450	0 -400	0 -450	0 -400	0 -450
A ₇	H14	+740 0	+870 0	+1000 0	+1150 0	+1000 0	+1150 0	+1000 0	+1150 0	+1000 0	+1150 0
B ₇	h14	0 -740	0 -870	0 -1000	0 -1150	0 -1000	0 -1150	0 -1000	0 -1150	0 -1000	0 -1150
CM ₇	J _s 14	+370 -370	+435 -435	+500 -500	+575 -575	+500 -500	+575 -575	+500 -500	+575 -575	+500 -500	+575 -575

Примечание: Первые колонки чисел — нижние предельные отклонения, вторые — верхние.

1.3. Шероховатость поверхности и способы ее оценки

Неровности поверхности (выступы и впадины) в значительной степени определяют ее износостойкость, характер трения и долговечность. Они влияют и на другие характеристики, например на точность. В связи с этим шероховатость поверхности принято считать таким же важным показателем, как размер и размерная точность. ГОСТ 2789—73 на шероховатость поверхности устанавливает ее параметры и основные определения.

Реальная поверхность — поверхность, ограничивающая тело и отделяющая его от окружающей среды.

Номинальная поверхность — поверхность, заданная в технической документации (чертеже) без учета отклонений. Номинальная поверхность может быть плоской, цилиндрической, сферической и др.

Средняя линия профиля m — базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины l (рис. 1.2) среднее квадратичное отклонение расстояний точек профиля до этой линии минимально.

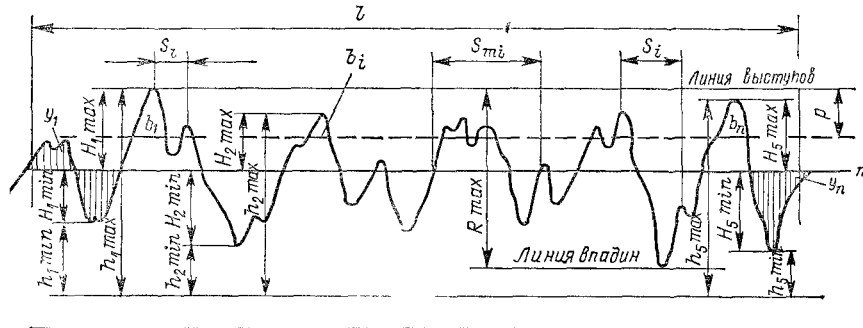


Рис. 1.2.

Неровности поверхности и параметры шероховатости

Отклонение профиля y — расстояние между любой точкой профиля и средней линией m , измеренное по нормали, проведенной к линии m через эту точку профиля.

Базовая длина l — длина базовой линии, используемая для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности, и для количественного определения ее параметров.

Среднее арифметическое отклонение профиля R_a — среднее отклонение профиля или среднее расстояние от точек профиля реальной поверхности ($y_1, y_2, y_3, \dots, y_{n-1}$) до его средней линии (в мкм) в пределах базовой длины.

Высота неровностей R_z — высота неровностей профиля, определяемая по десяти точкам в пределах базовой длины. Сумма средних арифметических абсолютных отклонений точек пяти наибольших минимумов ($H_1 \text{ min}$) и пяти наибольших максимумов ($H_1 \text{ max}$) профиля (рис. 1.2).

Максимальная высота неровностей R_{max} — расстояние (мкм) между линиями выступов и впадин.

Шаг неровностей и средний шаг неровностей профиля по вершинам в пределах базовой длины обозначаются соответственно S_m и S . При необходимости дополнительно могут устанавливаться требования к направлению неровностей поверхности, виду или последовательности видов обработки.

Обозначения шероховатости поверхности. Эти обозначения установлены ГОСТ 2.309—73, входящим в систему ЕСКД.

Знак, обозначающий шероховатость поверхности, и месторасположение значения параметра (или параметров) и данных, содержащих дополнительные требования, показаны на рис. 1.3, а. Если в обозначении должно быть только значение параметра шероховатости, то знак не имеет полки. Если вид обработки поверхности конструктором не установлен, то знак имеет вид, представленный на рис. 1.3, б.

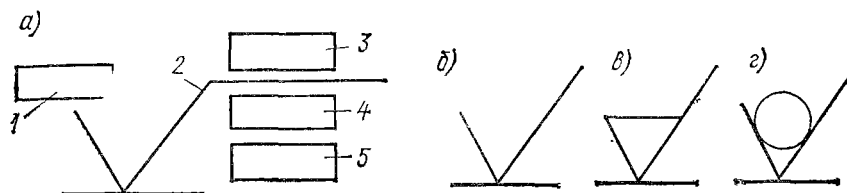


Рис. 1.3.

Знаки, обозначающие шероховатость поверхности:

1 — параметр(ы) шероховатости; 2 — знак; 3 — вид обработки поверхности или другие дополнительные указания; 4 — базовая длина; 5 — условное обозначение направления неровностей

Знак на рис. 1.3, обозначает шероховатость поверхности, которая должна быть получена резанием или другим видом обработки с удалением слоя материала, а знак на рис. 1.3, *г* — шероховатость поверхности, образованной без удаления слоя материала (литьем, ковкой, прокатом и т. п.) и не обрабатываемой по чертежу.

Шероховатость указывают в обозначении для параметра R_a без символа, например 0,32; для параметров R_z , R_{max} и др. после соответствующего символа, например R_z40 , $R_{max}80$.

Условные обозначения направлений неровностей, образующихся в результате фрезерной обработки, даны на рис. 1.4. В левой части рисунка показаны схематические изображения неровностей, в правой — их обозначения на чертеже. На рис. 1.4, *а* представлено параллельное направление неровностей, на рис. 1.4, *б* — перпендикулярное, на рис. 1.4, *в* — перекрещивающееся, на рис. 1.4, *г* — произвольное. Если на чертеже изображено изделие, часть или все обрабатываемые поверхности которого должны иметь одинаковую шероховатость поверхности, то в правом верхнем углу чертежа помещают обозначение одинаковой шероховатости и условное обозначение ($\sqrt{\quad}$) (т. е. знак, приведенный на рис. 1.3, *б*, взятый в скобки), например так, как это показано на рис. 1.5.

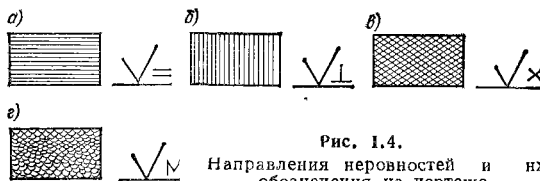


Рис. 1.4.

Направления неровностей и их обозначения на чертеже

Шероховатости поверхностей, достигаемые обработкой на фрезерных станках, приведены в табл. 1.4.

Способы оценки шероховатости поверхности. Они могут быть визуальными (на глаз) и регистрируемыми специальными приборами. Визуальные выполняются путем сравнения шероховатости поверхности контролируемого изделия с образцами (эталоны)¹ шероховатости, имеющими необходимые значения тех или других ее параметров. Обычно такими параметрами служат R_z или R_a . Сравнение невооруженным глазом или с помощью лупы допустимо при шероховатости поверхности в пределах $R_z \geq 10$ мкм и $R_a \geq 0,63$ мкм. Для оценки шероховатости до $R_a = 0,080$ мкм применяются микроскопы сравнения МС-51, МС-49 и др.

Измерение шероховатости поверхности производится бесконтактным или контактным методом. Для измерений бесконтактным методом (обычно в измерительных лабораториях) применяются двойные микроскопы Линника, микроскопы моделей МИС-11 и ПСС-2 (прибор светового сечения 2). Двойные микроскопы позволяют контролировать поверхности с шероховатостью $R_z \approx 60 \div 2$ мкм; растровые микроскопы (например, модели ОРМ-1) с $R_z = 40 \div 0,6$ мкм, микроинтерферометры (например, модели МИИ-14) — поверхности с шероховатостью $R_z = 0,6 \div 0,025$ мкм.

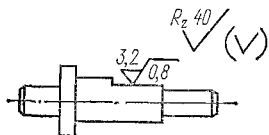


Рис. 1.5.

Пример обозначения шероховатости поверхности на чертеже

¹ Образец должен быть также обработан фрезерованием с тем же типом фрезы.

Таблица 1.4

Шероховатости поверхностей, достигаемые при обработке на фрезерных станках

Обрабатываемый материал	Тип фрез	Характер обработки фрезерованием	Шероховатость поверхности по ГОСТ 2780—73 *						
			$R_z 80$	$R_z 40$	$R_z 20$	$R_a 5$	$R_a 2,5$	$R_a 1,5$	$R_a 0,63$
Чугун	Торцевые твердосплавные	Черновое Чистовое Отделочное *	×	×	×	×	×	×	×
Сталь	Цилиндрические	Черновое Чистовое	×	×	×	×			×
	Торцевые твердосплавные	Черновое Чистовое Отделочное *	×	×	×	×	×	×	×
Цветные сплавы	Торцевые твердосплавные	Черновое Чистовое Отделочное *	×	×	×	×	×	×	×

Примечание. $R_z 80$ соответствует прежнему 3-му классу шероховатости, $R_z 40$ —4-му, $R_z 20$ —5-му, $R_a 2,5$ —6-му, $R_a 0,63$ —8-му.

* Наилучшие результаты достигаются при применении шабрядных фрез (см стр. 208) и с резами, армированными кубическим нитридом бора (КНБ) при $v \geq 160 \div 180$ м/мин. Шероховатость поверхности $R_a 0,63$ достигается на изделиях из чугунов марок СЧ 20 и из ВЧ 50—60

Для измерений контактным методом применяются профилометры и профилографы, работающие на принципе ощупывания поверхности алмазной иглой.

В реальных условиях используют переносные профилометры моделей 240 и 253, предназначенные для контроля шероховатости поверхности по параметру $R_a = 2,8 \div 0,04$ мкм. Они позволяют быстро, за 3—10 с произвести измерение.

1.4. Обозначения, применяемые на машиностроительных чертежах

Чертеж изделия представляет собой его графическое изображение, выполненное в определенном масштабе, с указанием размеров и условно выраженных технических условий, соблюдение которых должно быть обеспечено при изготовлении изделия. Чертежи выполняются по единым правилам, установленным в ГОСТах Единой Системы Конструкторской Документации (ЕСКД).

Обозначение материалов в сечениях. В табл. 1.5 приведено графическое обозначение материалов, наиболее распространенных в машиностроении

Обозначение размеров поверхностей изделий. В табл. 1.6 даны обозначения размеров на машиностроительных чертежах. Размеры должны сопровождаться указанием допустимых предельных отклонений от номинальных значений. Предельные отклонения могут быть указаны числами $18^{+0,015}$, $12^{-0,033}_{-0,050}$ или условными обозначениями расположения полей допусков — прописными и строчными буквами латинского алфавита, например $18H7$, $12e8$, где числа справа — квалифет.

Обозначения допусков формы и расположения поверхностей. Они указываются на чертежах условными обозначениями по ГОСТ 2.308—79 (СТ СЭВ 368—76),



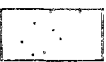

помещенными в прямоугольные рамки, разделенные на части. В первой части помещается знак вида допуска; во второй — числовое значение допуска (мм), а в третьей — буквенное обозначение поверхности, с которой связан допуск и которая является базой. Примеры указания на чертежах допусков формы и расположения поверхностей приводятся в табл. 17.

Условные обозначения на эскизах технологической документации. Технологическая документация приведена в единой системе ЕСТД (ГОСТ 3.1105—74 и ГОСТ 3.1404—74). В число документов единой системы входят технологические эскизы, в которых применяется ряд условных обозначений установки и закрепления заготовок на станках (табл. 18). Условия установки и закрепления заготовок необходимо строго выполнять, чтобы обеспечить изготовление изделий в пределах допустимых отклонений.

Эскизы выполняются с соблюдением следующих условий: 1) заготовка изображается в таком положении, в котором она обрабатывается; 2) обрабатываемые поверхности указываются линиями, толщина которых не менее чем вдвое больше других линий; 3) на эскизе указываются уже обработанными поверхности, которые подлежат обрабатывать в данной операции; 4) поверхности, обрабатываемые в данной операции, имеют обозначенные на эскизе размеры, допуски и знаки шероховатости, которые должны быть обеспечены; 5) движение заготовки и инструмента указывается стрелками.

Таблица 1.5

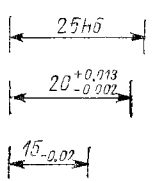
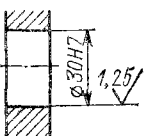
Графическое обозначение материалов на чертежах

Материал	Обозначение
Металлы и твердые сплавы	
Неметаллические материалы ДСП* (за исключением древесины и фанеры)	
Абразивы, керамика, растворы и др.	
Древесина	

* Древесно-стружечные плиты

Таблица 1.6

Обозначения размеров

Характер размера	Эскиз
Линейные размеры и правильные отклонения, выраженные в миллиметрах, указывают без единицы измерения. Другие единицы измерения следует проставлять рядом с числом	
Перед значениями диаметральных размеров цилиндрических поверхностей ставится знак диаметра	

Продолжение табл. I.6

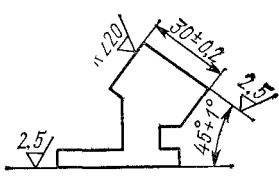
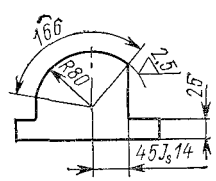
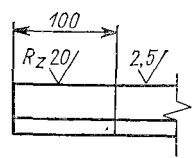
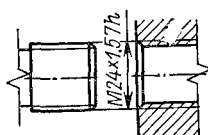
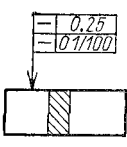
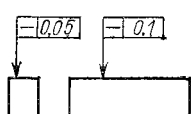
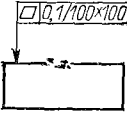
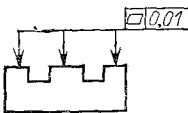
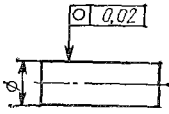
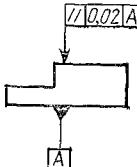
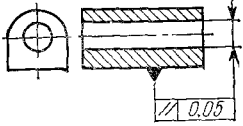
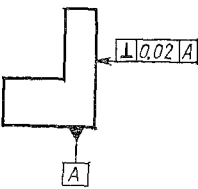
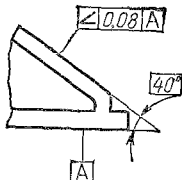
Характер размера	Эскиз
<p>Размерная линия параллельна направлению, по которому откладывается обозначаемый ею размер участка, а выносные линии перпендикулярны ему. Угловые отклонения указываются с единицами измерения</p>	
<p>Перед значением радиуса ставится буква R; над размером дуги ставится ее знак. Размеры относительно низкой точности (качества 14, 15, 16, 17) могут указываться без предельных отклонений. Точность их выполнения оговаривается в общих технических условиях на изделие</p>	
<p>При различной шероховатости одной и той же поверхности такие ее участки разграничиваются сплошной тонкой линией. Указываются размеры участков</p>	
<p>Размеры цилиндрических резьб содержат рядом с ними указания: какая это резьба — русскими буквами, шаг, степень точности и основное отклонение — латинской буквой</p>	

Таблица I.7

Обозначения на чертежах допусков формы и расположения поверхностей

Вид допуска	Эскиз	Содержание
<p>Допуск прямолинейности</p>		<p>Допуск прямолинейности поверхности 0,25 мм на всей длине и 0,1 мм на длине 100 мм</p>
		<p>Допуск прямолинейности поверхности в поперечном направлении 0,05 мм, в продольном направлении 0,1 мм</p>

Продолжение табл. I.7

Вид допуска	Эскиз	Содержание
Допуск плоскости		Допуск плоскости поверхности 0,1 мм на площади 100×100 мм
		Допуск плоскости каждой поверхности 0,01 мм
Допуск круглости		Допуск круглости вала 0,02 мм (также указывается допуск круглости отверстия)
Допуск параллельности		Допуск параллельности поверхности относительно поверхности A 0,02 мм
		Допуск параллельности оси отверстия относительно основания 0,05 мм
Допуск перпендикулярности		Допуск перпендикулярности поверхности относительно поверхности A 0,02 мм
Допуск наклона		Допуск наклона поверхности относительно поверхности A 0,08 мм

Продолжение табл 1,7

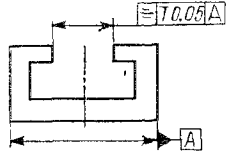
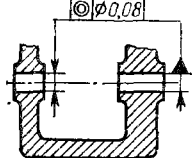
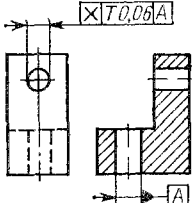
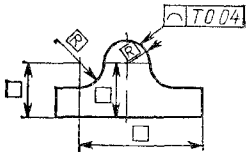
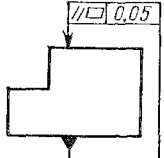
Вид допуска	Эскиз	Содержание
Допуск симметричности		<p>Допуск симметричности газа T 0,05 мм. База — плоскость симметрии поверхностей A</p>
Допуск соосности		<p>Допуск соосности двух отверстий 0,08 мм</p>
Допуск пересечения осей		<p>Допуск пересечения осей отверстий T 0,06 мм</p>
Допуск формы заданного профиля		<p>Допуск формы заданного профиля T 0,04 мм</p>
Суммарный допуск параллельности и плоскостности		<p>Суммарный допуск параллельности и плоскостности поверхности относительно основания 0,05 мм</p>
<p>Примечание. Перед численными значениями допуска в рамках следует указывать: символом \varnothing, если круговое или цилиндрическое поле допуска указывают его диаметром; символом R, если круговое или цилиндрическое поле допуска указывают радиусом; символом T, если допуски симметричности, пересечения осей, формы заданного профиля и заданной поверхности, а также позиционные допуски указывают в диаметральном выражении.</p>		

Таблица 1.8

Условные обозначения баз, элементов установки и закрепления заготовок

Способ установки и закрепления	Обозначения
В гладких центрах	
На трех жестких опорах и одной самоустанавливающейся	
В двух-, трехкулачковых самоцентрирующих патронах*	
На магнитной или электромагнитной плите	
На трех опорах (регулируемых) по разметочной риске**	
В стационарных тисках	

* Цифра 3 — число кулачков. ** Цифра 3 — число опор, на которых устанавливается заготовка.

1.5. Сведения из сопротивления материалов

Важнейшей характеристикой материалов, применяемых в машиностроении, является их прочность. Прочность определяется способностью материала сопротивляться внешним силам (нагрузкам), не разрушаясь и не изменяя в допустимых пределах своей формы.

Под воздействием внешних сил в материале возникают внутренние силы, уравновешивающие внешние. Эти силы называются силами упругости. Сила упругости (P), приходящаяся на единицу площади (F) поперечного сечения тела (относительно направления действия приложенной нагрузки), называется напряжением $\sigma = P/F$ (кгс/мм²).

Основные механические характеристики материалов даются в значениях напряжений. Значения напряжений получают в результате испытаний образцов материалов на растяжение, сжатие, кручение (чистый сдвиг) и др.

При испытании на растяжение определяют:

предел прочности (временное сопротивление) $\sigma_b = P/F_0$ (МПа или кгс/мм²) — отношение наибольшей нагрузки P_{max} , предшествовавшей разрушению образца, к площади F_0 его поперечного сечения до испытания;

*предел текучести*¹ σ_T (МПа или кгс/мм²) — напряжение, при котором остаточная деформация (не исчезающая после снятия нагрузки) $\epsilon_{ост}$ или, иначе, остаточное удлинение образца составляет 0,2 % от его начальной расчетной длины l_0 ;

предел упругости σ_y — напряжение, при котором начинают возникать остаточные деформации, достигающие $\epsilon_{ост} = 2 \cdot 10^{-5}$.

Относительное удлинение $\delta = \Delta l_0/l_0$ — отношение остаточного удлинения Δl_0 образца после разрыва к его начальной расчетной длине l_0

При испытании на сжатие определяют:

предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$ — для хрупких материалов;

предел текучести на сжатие $\sigma_{T, сж}$ — для пластичных материалов.

Допустимые напряжения при изгибе σ_H обычно устанавливают близкими к допустимым напряжениям на растяжение. Однако допустимые напряжения изгиба должны быть различны в зависимости от способа приложения нагрузки и частоты нагружений. Принято различать постоянную, меняющуюся в одном направлении и знакопеременную нагрузки.

Твердость характеризует сопротивление смятию на ограниченной площадке материала. Наиболее распространенными методами измерений твердости являются метод Бринелля и метод Роквелла.

Метод Бринелля устанавливает условные числа твердости НВ по Бринеллю путем вдавливания в поверхность испытываемого материала шарика установленного диаметра (например, $d = 10$ мм) при определенной нагрузке (например, $P = 29,42$ кН, ≈ 3000 кгс).

Метод Роквелла устанавливает числа твердости трех градаций НРА, НРВ и НРС соответственно шкалам А и В путем вдавливания в поверхность испытываемого материала стальных шариков, а по шкале С — вдавливания алмазного конуса при определенных нагрузках (например, по шкале С $P = 1,5$ кН, ≈ 150 кгс/мм²). Шкала С применяется при определении твердости упрочненных и закаленных металлов.

1.6. Основные сведения о машиностроительных и инструментальных материалах

Чугун — железоуглеродистый сплав, содержащий небольшие количества кремния Si, марганца Mn, незначительные — серы S и фосфора P и так много углерода C, что он не поддается ковке. В отношении структуры к чугунам следует относить сплав, содержащий более 1,7 % углерода. Однако при сравнительно малом содержании других элементов и умелом проведенииковки сплав железа с углеродом ограниченно может коваться даже при содержании углерода до 3 %.

Серый чугун (СЧ) характерен образованием в нем пластинчатого графита, в виде которого находится часть углерода сплава. СЧ обладает высокими литейными свойствами, хорошо обрабатывается резанием, широко применяется в машиностроении.

Ковкий чугун (КЧ) производится путем отжига (томления) так называемого белого чугуна, в котором углерод находится только в виде цементита. В процессе

¹ За предел текучести обыкновенно принимается наибольшее напряжение, соответствующее моменту, предшествовавшему течению материала испытываемого образца. Течение материала — это удлинение образца без увеличения нагрузки. Однако в практике часто встречаются такие металлы, у которых не наблюдаются резкие переходы, соответствующие пределу текучести. Чтобы устранить такие затруднения, принято определять их условно. Условным пределом текучести называют напряжение, при котором удлинения образца достигают 0,2 % его начальной расчетной длины.

Таблица 1.9

Твердость по Бринеллю отливок из чугуна

Марка чугуна	НВ, не более		Марка чугуна	НВ, не более	
	МПа	кгс/мм ²		МПа	кгс/мм ²
<i>Серый чугун (ГОСТ 1412-79)</i>					
СЧ 00	Не испытывается		СЧ 20	1668-2364	170-241
СЧ 12	1402-2246	143-229	СЧ 25	1756-2452	180-250
СЧ 15	1599-2246	163-229	СЧ 30	1755-2501	181-255
СЧ 18	1668-2246	170-229			
<i>Высокопрочный чугун (ГОСТ 7293-79)</i>					
ВЧ 38-17	1373-1668	140-170	ВЧ 70-2	2246-2943	229-300
ВЧ 42-12	1373-1962	140-200	ВЧ 80-2	2453-3237	250-330
ВЧ 45-5	1570-2158	160-220	ВЧ 100-2	2649-3532	270-360
ВЧ 50-2	1766-2550	180-260	ВЧ 120-2	2963-3728	302-380
ВЧ 60-2	1962-2747	200-280			
<i>Ковкий чугун (ГОСТ 1215-79)</i>					
КЧ 30-6	1599	163	КЧ 50-5	2254	230
КЧ 33-8	1599	163	КЧ 55-4	2364	241
КЧ 35-10	1599	163	КЧ 60-3	2640	269
КЧ 37-12	1599	163	КЧ 65-3	2640	269
КЧ 45-7	2030	207	КЧ 70-2	2793	285
			КЧ 80-1,5	3136	320
<i>Антифрикционный чугун (ГОСТ 1585-79)</i>					
АЧС-1	1766-2364	180-241	АЧС-6	981-1177	100-120
АЧС-2	1766-2246	180-229	АЧВ-1	2058-2550	210-260
АЧС-3	1570-1864	160-190	АЧВ-2	1638-1933	167-197
АЧС-4	1766-2246	180-229	АЧК-1	1834-2573	187-262
АЧС-5	1373-1766	140-180 *	АЧК-2	1638-1933	167-197
	1766-2246	180-229			

* После закалки.

отжига цементит разлагается на углерод отжига и феррит. Часть углерода выгорит. В результате из хрупкого и твердого чугуна превращается в легкообрабатываемый и пластичный.

Высокопрочный чугун (ВЧ) характерен образованием в его структуре глобулярного графита, вследствие чего он приобретает высокие механические свойства.

Антифрикционный чугун (АЧ) получается на основе серых, высокопрочных и ковких чугунов, применяется для изготовления подшипников трения скольжения и подобных изделий.

Марки чугунов составляются из прописных букв, обозначающих вид чугуна (СЧ, КЧ, ВЧ и АЧ), и чисел. У чугунов СЧ, КЧ и ВЧ первое число показывает значение предела прочности на растяжение σ (кгс/мм²); второе число (имеется только у марок КЧ и ВЧ) — значение относительного удлинения δ (%) на образце диаметром 16 мм, например: СЧ 25; ВЧ 42-12. Старое обозначение марок СЧ имело второе число, показывающее значение предела прочности при изгибе σ_b .

В табл. 1.9 приведены значения твердости по Бринеллю отливок из чугуна. Числа твердости удовлетворительно характеризуют степень обрабатываемости: так, чугуны с твердостью НВ > 260 относятся к труднообрабатываемым.

Сталь — это железоуглеродистый сплав с содержанием углерода не более 1,7%. Углерод сплава весь находится в связанном состоянии (т. е. отсутствует свободный углерод в виде графита). В состав сталей могут входить многие химические элементы, влияющие на их физико-механические свойства (табл. 1.10). Часть из них, например такие, как фосфор Р и сера S, являются вредными примесями, понижающими качество. Основными группами сталей являются: 1) углеродистая сталь обыкновенного качества, обозначаемая буквами Ст и цифрами от 0 до 6; 2) качественная углеродистая сталь, обозначаемая цифрами 08, 10, 15, 20 и т. д.,

Таблица 1.10

Условные обозначения основных элементов, входящих в состав сталей и цветных металлов

Элемент	Обозначение в таблицах химического состава	Обозначение элементов в марках		Элемент	Обозначение в таблицах химического состава	Обозначение элементов в марках	
		стали	цветных металлов			стали	цветных металлов
Алюминий	Al	Ю	А	Никель	Ni	Н	Н
Бор	B	Р	—	Ниобий	Nb	Б	—
Бериллий	Be	Л	Б	Олово	Sn	—	О
Ванадий	V	Ф	—	Свинец	Pb	—	С
Вольфрам	W	В	—	Сурьма	Sb	—	Су
Железо	Fe	—	Ж	Титан	Ti	Т	Т
Кремний	Si	С	К	Углерод	C	У	—
Марганец	Mn	Г	Мц	Фосфор	P	П	Ф
Медь	Cu	Д	—	Хром	Cr	Х	—
Молибден	Mo	М	—	Цинк	Zn	—	Ц
Кобальт	Co	К	—				

указывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента; 3) легированные ¹ стали, в обозначение которых входят цифры и буквы, имеющие следующее смысловое значение: цифры, стоящие перед буквами — среднее содержание углерода в сотых долях процента; буквы — легирующие элементы; цифры, следующие за буквами — содержание легирующего элемента в процентах, если оно превышает 1 %; буква А в конце обозначения марки — высококачественность стали; 4) инструментальные углеродистые стали обозначаются буквой У и цифрами, например У7, У8, У10А; 5) инструментальные быстрорежущие стали обозначаются буквой Р и следующим за ней числом, указывающим среднее (в процентах) содержание вольфрама, например Р9, Р18; о повышенном содержании молибдена свидетельствует буква М, стоящая после числа, например Р18М.

Механические свойства наиболее распространенных сталей приведены в табл. 1.11—1.14. Для некоторых из них указана обрабатываемость, рассчитанная в процентах от обрабатываемости автоматной стали марки А12, принятой за 100 %.

Сплавы цветных металлов. В машиностроении широко применяются сплавы меди (бронзы и латуни) и алюминия. Механические характеристики литейных оловянистых и безоловянистых бронз приведены в табл. 1.15 и 1.16, алюминиевых сплавов — в табл. 1.17.

Твердые сплавы. Металлокерамические сплавы в зависимости от содержания в них карбидов вольфрама, титана, тантала и кобальта приобретают различные физико-механические свойства. По этой причине твердые сплавы представлены в трех группах: вольфрамовой, титановольфрамовой и титанотанталовольфрамовой.

Таблица 1.11

Сталь углеродистая обыкновенного качества. Механические свойства (ГОСТ 380—71*)

Марка	Предел прочности при растяжении σ_B , МПа	Обрабатываемость, %	Марка	Предел прочности при растяжении σ_B , МПа	Обрабатываемость, %
Ст0	≥ 304	—	Ст4	400—530	80
Ст1	304—410	85	Ст5	450—627	75
Ст2	323—430	85	Ст6	≥ 588	60
Ст3	362—490	80			

¹ Легирование (от лат. ligare — связывать) — введение добавок с целью изменения строения сплава, придания ему определенных свойств.

Таблица 1.12

Сталь углеродистая качественная. Механические свойства
(ГОСТ 1050—74*)

Марка	Термическая обработка	Предел текучести σ_T	Предел прочности при растяжении σ_B	Относительное удлинение δ , %		
					МПа	
					не менее	
08	Нормализация	196	264	33		
10		206	304	31		
15		226	372	27		
20		245	410	25		
30		294	490	21		
35		314	530	20		
40		333	570	19		
45		352	598	16		
50		372	628	14		
55		383	646	13		
60		402	676	12		
70		421	715	9		
75		Закалка и отпуск	881	1078	7	
85			980	1128	6	
60Г	Нормализация	412	695	11		
70Г		450	785	8		

Примечание. Значения напряжений соответствуют диаметрам или толщинам заготовок не более 80 мм.

Таблица 1.13

Сталь конструкционная легированная. Механические свойства
(ГОСТ 4543—71*)

Марка	Твердость по Бринеллю, НВ		Предел прочности при растяжении σ_B , МПа	Обрабатываемость, %
	МПа	кгс/мм ²		
15X, 15XA	1756	179	627	60
20X	1756	179	627	60
30X	1834	187	656	65
35X	1933	197	697	—
38X	2031	207	735	55
40X	2129	217	765	50
45X, 40XP	2246	229	813	—
50X	2246	229	813	50
10Г2	1933	197	696	—
40Г2	2129	217	765	50
50Г2	2246	229	813	50
38XC	2364	241	853	45
38XC	2502	255	902	40
27СГ	2129	217	765	—
35СГ, 36Г2С	2246	229	813	—
15XM	1756	179	627	60
30XM	2246	229	813	50
35XM	2364	241	853	45
38XBA	2246	229	813	—
20XH	1933	197	697	55
40XH	2129	217	765	50
45XH, 50XH	2031	207	735	50
12XH2	2031	207	735	50
12XH3A	2129	217	765	45
12X2H4A	2639	269	950	40
20XH3A	2364	241	853	—
20X2H4A	2639	269	951	—
30XH3A	2364	241	853	—
20XГС3A	2031	207	735	—
25XГСА	2129	217	765	—

Продолжение табл. 1.11

Марка	Твердость по Бринеллю, НВ		Предел прочности при растяжении σ_B , МПа	Обрабатываемость, %
	МПа	кгс/мм ²		
30ХГСА	2246	229	813	50
18ХГ	1834	187	657	—
18ХГТ	2129	217	765	—
20ХГР	1933	197	696	—
30ХГР	2246	229	813	—
40ХГ	2246	229	813	—
18ХГН	2205	225	813	—
25Х2ГНТА	2639	269	950	40
30Х2ГН2	2502	255	902	—
15ХФ	1834	187	658	65
40ХФА	2364	241	853	60
30ХГСНА	2502	255	902	—
40ХНМА	2639	269	950	—
30ХН2ВФА	2639	269	950	—
30ХНВА	2364	241	853	—
38ХН3ВФА	2639	269	950	—
20ХН4ФА	2639	269	950	—
38ХВФЮА	2246	229	813	50

Таблица 1.14

Сталь инструментальная. Механические свойства

Марка	Твердость по Бринеллю при поставке, НВ		Твердость по Роквеллу после закалки, НРС, не менее
	МПа	кгс/мм ²	
<i>Углеродистая (ГОСТ 1435—74)</i>			
У7, У7А	1834	187	62
У8, У8А			
У8Г, У8ГА			
У9, У9А	1883	192	
У10, У10А	1933	197	
У11, У11А	2031	207	
У12, У12А			
У13, У13А			
<i>Легированная (ГОСТ 5950—73*)</i>			
7ХФ	≤2246	≤229	58
8ХФ	≤2502	≤255	58
9ХФ	≤2502	≤255	60
11ХВ	2129—1756	217—179	62
13Х	2364—1834	241—187	64
ХВ5	2793—2246	285—229	65
В1, X	2246—1834	229—187	62
9ХС, 9ХВГ	2420—2010	247—197	
ХВГ	2502—2031	255—207	
ХВСГ	2364—1920	241—196	
9Х5Ф	2364—1911	241—195	
9Х5ВФ, 8Х4, В4Ф1 (Р4)	2502—2129	255—217	60
<i>Быстрорежущая (ГОСТ 19265—73*)</i>			
Р9, Р12, Р18	≤2502	≤255	62
Р6М5			
Р9К5	< 2640	≤264	63
Р6М5К5			
Р12Ф3			

Продолжение табл. 1.14

Марка	Твердость по Бринеллю при поставке, НВ		Твердость по Роквеллу после закалки, HRC, не менее
	МПа	кгс/мм ²	
P6M5Ф3 P9K10	≤ 640	≤ 269	63
P10K5Ф5 P18K5Ф2 P9M4K8	≤ 279	≤ 285	

Таблица 1.15

Бронзы литейные оловянистые,
Механические свойства (ГОСТ 614—79)

Марка	Предел прочности при растяжении σ_B , МПа	Относительное удлинение δ , %	Марка	Предел прочности при растяжении σ_B , МПа	Относительное удлинение δ , %
БрОЦСН 3-7-5-1	176	8	БрОЦС 5-5-5	147	6
БрОЦС 3-12-5	176	8	БрОЦС 3,5-7-6	147	6

Примечание: Твердость по Бринеллю всех указанных бронз 60 НВ

Таблица 1.16

Бронзы литейные безоловянистые. Механические свойства (ГОСТ 493—79)

Марка	Способ литья	Предел прочности при растяжении σ_B , МПа	Твердость по Бринеллю, НВ	
			МПа	кгс/мм ²
не более				
БрА9Мц2Л	К	392	784	80
	П	392	784	80
БрА10Мц2Л	К	490	1078	110
	П	490	1078	110
БрА9Ж3Л	К	490	980	100
	П	392	980	100
БрА10Ж3Мц2	К	490	1076	120
	П	392	980	100
БрА10Ж4Н4Л	К	587	1666	170
	П	587	1568	160
БрА11Ж6Н6	К	587	2450	250
	П	587	2450	250
БрА9Ж4НМц1	К	587	1470	160
	П	587	1568	160
БрС30	К	587	245	25
БрСУ3НЦ3С20Ф	К	157	637	65

Примечание: К — отливка в кокиль, П — в песчаную форму.

Таблица 1.17

Алюминиевые сплавы. Механические свойства (ГОСТ 2685—75*)

Марк.	Предел прочности при растяжении σ_B , МПа	Твердость по Бринеллю, НВ		Марка	Предел прочности при растяжении σ_B , МПа	Твердость по Бринеллю, НВ	
		МПа	кгс/мм ²			МПа	кгс/мм ²
АЛ3	137—247	637—735	65—75	АЛ2	137—156	490	50
АЛ5	157—225	637—886	65—70	АЛ4	196—225	686	70
АЛ32	196—264	588—886	60—70	АЛ9	156—225	490—588	50—60
АК5М7	127—166	784—882	80—90	АЛ34	234—331	586—882	70—90
АЛ19	294—331	686—882	70—90	АЛ22	176—225	784—882	80—90
АЛ33	225—234	781—833	80—85	АЛ24	314	735	75

В последнее время появилась новая безвольфрамовая группа твердых сплавов, в которой карбид вольфрама заменен карбидом титана, а в качестве связки используются никель и молибден (ТН-20, ТН-30). Эти сплавы имеют несколько сниженную прочность против вольфрамовых, но обеспечивают получение положительных результатов при полустойковой обработке вязких металлов, меди, никеля и др.

Состав и механические свойства сплавов, применяемых для изготовления режущих инструментов, приведены в табл. 1.18, их назначение — в табл. 1.19.

Кубический нитрид бора (КНБ). Это относительно новый поликристаллический материал, применяемый для режущих инструментов. Твердость КНБ достигает 88 000 МПа (9000 кгс/мм²), приближаясь к твердости алмаза. Теплостойкость его составляет 1400—1500 °С. В зависимости от исходных материалов и технологии изготовления (давление, температура, время выдержки) физико-механические параметры поликристаллов КНБ несколько различаются. Имеются следующие распространённые марки отечественного КНБ: эльбор-Р; гексанит-Р; исмиг I и II; композит 0,5; ПТНБ.

Эльбор-Р. Микротвердость 49 000—79 000 МПа (≈ 5000 —8000 кгс/мм²); теплостойкость 1100—1300 °С; прочность на изгиб $\sigma_{из}$ = 590—780 МПа (60—80 кгс/мм²); $\sigma_{сж}$ = 1960—2440 МПа (200—250 кгс/мм²). Размеры заготовок: диаметры 3,5; 3,8 и 4,0 мм; высота столбиков 4 мм.

Гексанит-Р. Обладает пониженной хрупкостью: $H_v = 30\ 200 \pm 58\ 600$ МПа (4000—6000 кгс/мм²). Размеры заготовок: диаметры 2,6—7 мм; высота столбиков 2—5 мм и диаметры 8—16 мм при стержнях длиной 15—50 мм.

Вставные ножи фрез (торцевых — насадных; дисковых дву- и трехсторонних) армируются КНБ путем пайки заготовок в вакууме и на воздухе.

Покрытие пластин твердого сплава высокоизносостойким компонентом из карбидов и нитридов титана, вольфрама, окиси алюминия и др. в 2—3 раза повышает стойкость инструментов (фрез), не снижая при этом прочность.

Основано это на следующем: любой твердый сплав состоит из двух основных частей. Первая — карбиды, нитриды — сообщает материалу высокие твердость, износостойкость, но одновременно с этим и хрупкость. Вторая — связка — сообщает пластинке прочность, но снижает ее износостойкость.

Применение покрытий дает возможность в качестве основы пластин использовать сплавы с высоким содержанием связки, что обеспечивает прочность, и иметь режущий хрупкий, но твердый износостойкий поверхностный слой.

Покрытия наносятся при формировании пластин, во время второй операции, перед спеканием, путем напрессования порошкообразной смеси из карбидов, нитридов. Толщина покрытия 0,3—0,5 мм.

Таблица 1.18

Твердые сплавы. Состав и механические свойства
(ГОСТ 12.4.026—76)

Марка	Массовое содержание, % (без учета примесей)				Средний предел проч- ности при изгибе, МПа	Твердость по Роквеллу, HRA
	карбида вольфра- ма	карбида титана	карбида тантала	кобальта		
<i>Вольфрамовая группа</i>						
ВК3М	97	—	—	3	1650	91
ВК4	96	—	—	4	1320	89,5
ВК6М	94	—	—	6	1320	90
ВК6	94	—	—	6	1420	88,5
ВК8	92	—	—	8	1570	87,5
<i>Титановольфрамовая группа</i>						
Т30К4	66	30	—	4	880	92
Т15К6	79	15	—	6	1120	90
Т14К8	78	14	—	8	1225	89,5
Т5К10	85	5	—	10	1320	88,5
Т5К12В	83	5	—	12	1570	87
<i>Титанотанталовольфрамовая группа</i>						
ТТ7К12	81	4	3	12	1570	87
ТТ10К8В	82	3	7	8	1370	89

Таблица 1.19

Свойства и назначение твердых сплавов

Эксплуатационные свойства	Примерное назначение сплава
<i>Сплав ВК3М</i>	
Высокие износостойкость и допустимая скорость резания. Умеренные прочность, сопротивляемость ударам, вибрации и выкрашиванию	Чистовое, с малыми сечениями стружки фрезерование (типа алмазного) серых чугунов ($HV \leq 240$), цветных металлов и их сплавов
<i>Сплав ВК6</i>	
Высокая износостойкость при относительно большой скорости резания. Эксплуатационная прочность и сопротивляемость ударам, вибрации и выкрашиванию выше, чем у сплава ВК3М	Чистовое и получистовое с малыми сечениями среза фрезерование заготовок из серого чугуна, цветных металлов, их сплавов и неметаллических материалов
<i>Сплав ВК6М</i>	
Благодаря мелкозернистой структуре износостойкость выше, чем у сплава ВК6, несколько меньше эксплуатационная прочность и сопротивляемость ударам	Чистовое и получистовое фрезерование заготовок из цветных сплавов и неметаллических материалов
<i>Сплав ВК8</i>	
Более высокие эксплуатационная прочность и сопротивляемость ударам, вибрации и выкрашиванию, чем у сплава ВК6, при меньших износостойкости и скорости резания	Черновое фрезерование заготовок из чугуна ($HV \leq 240$), цветных сплавов и неметаллических материалов, заготовок из углеродистых и легированных сталей до $\sigma_B \leq 685$ МПа

Продолжение табл. I.19

Эксплуатационные свойства	Примерное назначение сплава
<i>Сплав Т15К6</i>	
Износостойкость и допустимая скорость резания выше, чем у сплава ВК8, однако эксплуатационная прочность и сопротивляемость ударам несколько ему уступают	Получистовое и чистовое фрезерование заготовок из углеродистых и легированных сталей $\sigma_B < 850$ МПа
<i>Сплав Т14К8</i>	
Эксплуатационная прочность и сопротивляемость ударам, вибрации и выкрашиванию выше, чем у сплава Т15К6, при меньших износостойкости и допустимой скорости резания	То же, что и у сплава Т14К8
<i>Сплав Т5К10</i>	
Эксплуатационная прочность и сопротивляемость ударам, вибрации и выкрашиванию выше, чем у сплавов Т15К6 и Т14К8, при меньших износостойкости и скорости резания	Черновое и получистовое фрезерование заготовок из углеродистой и легированных сталей $\sigma_B \leq 850$ МПа
<i>Сплав Т5К12В</i>	
Эксплуатационная прочность и сопротивляемость ударам, вибрации и выкрашиванию значительно выше, чем у сплава Т5К10, при меньшей износостойкости. По сравнению с фрезами из быстрорежущей стали сплав допускает скорость резания, в 2 раза большую	Черновое фрезерование стальных кованых, штампованных и отлитых заготовок по корке с неравномерно распределенным припуском при относительно малых скоростях резания
<i>Сплав ТТ7К12</i>	
Имеет несколько большую эксплуатационную прочность, чем сплав Т5К12В, при той же износостойкости	Черновое фрезерование стальных кованых, штампованных и литых заготовок по корке с неравномерным распределением припуска
<i>Сплав ТТ10К8В</i>	
Высокие эксплуатационная прочность и сопротивляемость ударам и вибрации при умеренной скорости резания	То же, что для сплава ТТ7К12, в условиях наиболее трудной обработки и при меньшей скорости резания

Глава II

ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИЯ

II.1. Основные сведения о фрезерных станках

Металлорежущие станки отечественного производства в зависимости от вида обработки разделяются на девять групп. В свою очередь, каждая группа делится на девять подгрупп, представляющих станки по их типам. Фрезерные станки относятся к шестой группе. Классификация фрезерных станков по типам приведена в табл. II.1.

Обозначение (шифрование) моделей станков осуществляется по следующим правилам: первая цифра указывает группу; вторая — определяет тип станка; третья и четвертая — условно обозначают его размер. Кроме цифр обозначение может содержать прописные буквы. Если между первой и второй цифрами стоит буква, это означает, что станок по сравнению с предыдущей моделью подвергся усовершенствованию. Алфавитная последовательность этих букв свидетельствует о дальнейших усовершенствованиях. Так, горизонтально-фрезерный консольный станок модели 6Т82 является более новым по сравнению со станком модели 6Р82. Буквы на конце шифра обозначают: П — повышенную точность; Г — изменение базовой модели; Ш — широкоуниверсальность; Ц — наличие циклового программного управления.

Модели станков с числовым программным управлением (ЧПУ) в конце шифра имеют букву Ф и рядом с ней цифры: 1 — для станков с цифровой индикацией¹ и преднабором²; 2 — для станков с позиционной системой ЧПУ; 3 — для станков с контурной (непрерывной) системой; 4 — для многооперационных станков с контурной (или смешанно-контурной и позиционной) системой ЧПУ и автоматической сменой инструмента из магазина инструментов.

В качестве признака размерной характеристики приняты размеры (мм) стола станка. По этому признаку станки имеют пять градаций:

Размер 0	Площадь стола 200 × 800
» 1	» » 250 × 1000
» 2	» » 320 × 1250
» 3	» » 400 × 1600
» 4	» » 500 × 2000

Наиболее распространенными типами фрезерных станков являются горизонтальные, универсальные и вертикальные. В табл. II.2 и II.3 приведены их технические характеристики.

¹ См. с. 51,
² См. с. 52.

Классификация фрезерных станков по типам

Подгруппа станков шестой группы						Тип станков					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Вертикально-фрезерные консольные	Фрезерные непрерывного действия	Свободная подгруппа	Копировально- и гравировально-фрезерные	Вертикальные бесконсольные	Продольно-фрезерные	Консольные широкоуниверсальные	Горизонтальные консольные	Разные			

Горизонтальные консольно-фрезерные станки имеют горизонтально расположенный, не меняющий своего места шпиндель. Стол может перемещаться перпендикулярно к оси шпинделя в горизонтальном и вертикальном направлениях и вдоль оси, параллельной ей.

Универсальные консольно-фрезерные станки отличаются от горизонтальных тем, что имеют стол, который может поворачиваться на требуемый угол.

Вертикальные консольно-фрезерные станки имеют вертикально расположенный шпиндель, перемещающийся вертикально и в некоторых моделях поворачивающийся. Стол может перемещаться в горизонтальном направлении перпендикулярно к оси шпинделя и в вертикальном направлении.

Широкоуниверсальные консольно-фрезерные станки в отличие от универсальных имеют помимо основного горизонтального шпинделя приставную головку со шпинделем, поворачивающимся вокруг вертикальной и горизонтальной осей.

Бесконсольно-фрезерные станки имеют шпиндель, расположенный вертикально и перемещающийся в этом направлении. Стол перемещается только в продольном и поперечном направлениях.

Продольно-фрезерные станки располагают столом, который может перемещаться только в продольном направлении по направляющим поверхностям станины. Вертикальные и поперечные перемещения получают шпиндельные бабки и шпиндели. Станки могут иметь до двух вертикальных и до двух горизонтальных шпинделей при одно- и двухстоечном исполнении.

Объемно-фрезерные станки по принципу действия делятся на станки прямого и следящего копирования, осуществляемого путем ощупывания модели копировальным пальцем, а также на станки программного управления, работающие одновременно и непрерывно по трем взаимно перпендикулярным координатам.

Фрезерные станки непрерывного действия (карусельные) имеют вертикально расположенный шпиндель (шпиндели), установочно перемещающийся по вертикали, и круглый стол, который может непрерывно вращаться со скоростью рабочей подачи. Закрепление и обработка заготовок многопозиционные. Примером таких станков может служить станок модели 6А23 с диаметром стола 1400 мм.

Шпоночно-фрезерные станки (относятся к типу «разные») имеют вертикальный шпиндель, осуществляющий вращательное и одновременно с ним планетарное движение. Диаметр планетарного движения может изменяться в соответствии с заданной шириной шпоночного гнезда. Стол перемещается возвратно-поступательно в продольном направлении. Рабочий цикл автоматизирован. Примерами этих станков могут быть станки моделей 6Д91, 6Д92 и т. д.

Таблица И-2

Технические характеристики консольных и бесконсольных вертикально-фрезерных станков

Параметр	Вертикально-фрезерные станки									
	консольные					бесконсольные				
	Модель									
	6Т11	6Р11Ф3	6Т12	6Р13	6Р13Ф3	6520Ф3	6550Ц	6550МФ3	6560Ц	6560МФ3
Размеры рабочей поверхности стола, мм	250× ×1000	250× ×1000	320× ×1250	400× ×1600	400× ×1600	250× ×630	500× ×1250	500× ×1250	630× ×1600	630× ×1600
Наибольшее перемещение, мм:										
продольное	560	630	700	1000	1000	500	1000	1000	1250	1250
поперечное	190	300	240	320	400	250	500	500	630	630
вертикальное (консоли и бабки)	340	120	420	420	150	275	530	530	625	625
125										
Расстояние от торца шпинделя до стола, мм:										
наибольшее	380	380	450	500	450	—	630	630	900	900
наименьшее	30	30	30	30	70	—	100	100	125	125
Внутренний конус шпинделя (7:24)*	40	40	45	45	45	45	50	50	50	50
Частота вращения шпинделя, об/мин	65—1800	40—2000	32—1600	31,5— 1600	40—2000	31,5— 1600	31,5— 1600	31,5— 1600	25—1250	5,6—2000
Число управляемых координат	—	3	—	—	3	3	3	3	3	3
Тип привода подачи	—	Шаговый следящий	—	—	Шаговый следящий	Шаговый следящий	—	Шаговый следящий	—	Шаговый следящий
Скорость подачи, мм/мин:										
продольная	35—980	—	25—1250	25—1250	25—1250	—	10—2000	10—2000	10—2200	0,1—4800
поперечная	25—760	—	25—1250	25—1250	25—1250	—	10—2000	10—2000	10—2200	Бесступенчатые
вертикальная	12—380	—	8,3—416	8,3—416	8,3—416	—	4—800	4—800	3—730	—
Скорость быстрого перемещения, мм/мин:										
продольного	2900	2400	3000	3000	2400	1200	3000	3000	3000	9600
поперечного	2300	2400	3000	3000	2400	1200	3000	3000	3000	9600
вертикального	1150	2400	1000	1000	2400	1200	800	800	1000	9600
Мощность электродвигателя, кВт:										
главного привода	4,5	5,5	7	10	7,5	4	10	10	13	11
привода подачи	1,7	—	1,7	3	—	—	2,2	—	5,5×2	—

* Обозначение конуса конца шпинделя по ГОСТ 24644—81.

Технические характеристики консольных горизонтально- и универсально-фрезерных станков

	Горизонтально-фрезерные					Универсально-фрезерные		
	Модель							
	6Т80Г	81	6Т82Г	6Т83Г	6676Ф2	6Р81Ш	6Т82Ш	6Т83Ш
Размер рабочей поверхности стола, мм	700 X 200	250 X 1000	320 X 1250	400 X 1600	250 X 630	250 X 1000	250 X 1250	400 X 1600
Наибольшее перемещение, мм	500	560	700	1000	400	560	800	1000
поперечное	160	190	240	320	250	190	250	320
вертикальное	350	350	420	420	400	350	470	350
стояние от оси шпинделя до стола, мм								
наибольшее	40	30	30	30	95	30	40	30
меньшее	360	380	410	450	545	340	300	380
Внутренний конус шпинделя (7/24) *	40	40	45	45	40	40	45	45
Частота вращения шпинделя, об/мин	50—2240	60—1800	32—1600	31,5—1600	40—2000	65—1800	31,5—1600	31,5—1600
корость подачи стола, мм/мин								
прогонной	75—1120	35—980	25—1250	25—1250	2,5—1600	35—980	25—1250	25—1250
поперечной	18—800	25—760	25—1250	25—1250	2,5—1600	25—760	25—1250	25—1250
вертикальной	9—400	12—38	8,3—416	8,3—416	2,5—1600	12—380	8,3—416	8,3—416
корость быстрого перемещения стола, мм/мин								
поперечного	2300	2900	3000	3000	3000	2900	3000	3000
вертикального	1600	2300	3000	3000	3000	2300	3000	3000
Мощность электродвигателя, кВт	800	1150	1000	1000	3000	1150	1000	1000
главного привода								
привода подачи	2,8	4,5	7	10	2,2	4,5	7,5	10
Число управляемых координат	—	—	1,7	3	0,75	1,7	2,2	3
Тип привода подачи	—	—	—	—	Шаговый следящий	—	—	—

* Обозначение конуса конца шпинделя по ГОСТ 24644—81.













11.2. Органы управления консольными фрезерными станками

Консольные фрезерные станки имеют идентичные органы управления, относительно мало отличающиеся друг от друга.

Органы управления вертикального консольного фрезерного станка модели 6Р12П показаны на рис. 11.1, а, б. Автоматическое управление (переключатель 3Г) позволяет управлять движениями стола с помощью путевых кулачков и конечных выключателей без участия рабочего. Специальные путевые кулачки 2б устанавливаются в пазу стола. Изменение направления и скорости хода стола происходит в тот момент, когда соответствующий кулачок, упираясь в рукоятку продольной подачи 2д, повернет ее, а она, в свою очередь, включит один из конечных переключателей, находящихся во внутренней полости поперечных салазок. Другие кулачки

Таблица 11.4

Графические мнемонические символы органов управления

Назначение символа	Эскиз символа	Назначение символа	Эскиз символа
Шпиндель		Импульсное перемещение	
Зажим		Подача	
Отжим		Ручное управление	
Направление перемещения		Управление от программы	
Быстрый ход		Запуск программы	
Консоль		Технологическая оснастка	
Охлаждение		Выход в исходное (нулевое) положение	
Гидравлика		Толчок шпинделя	

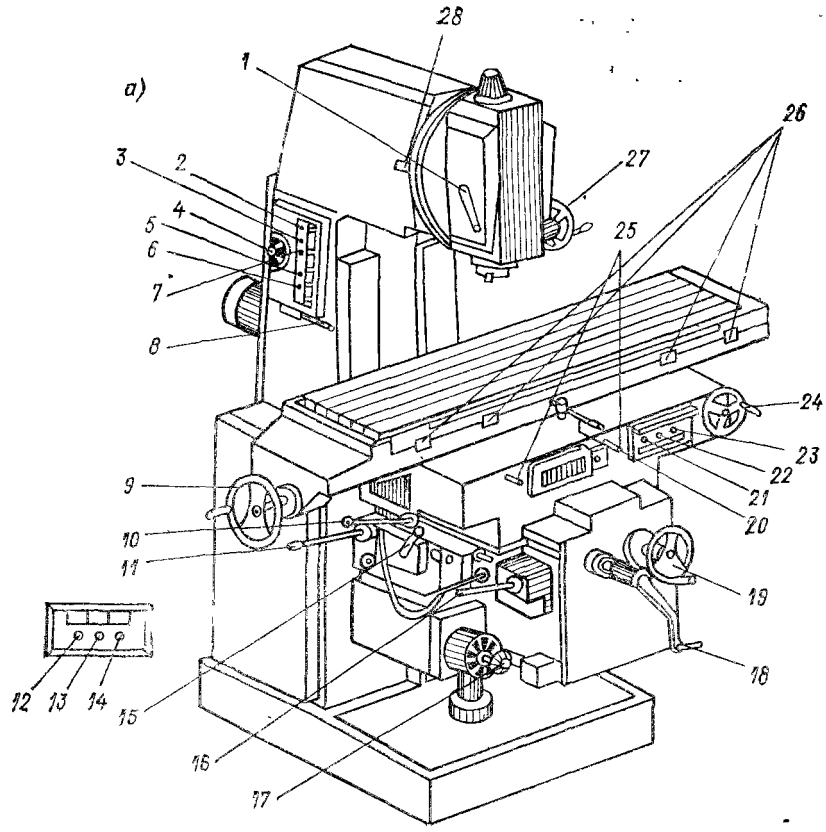
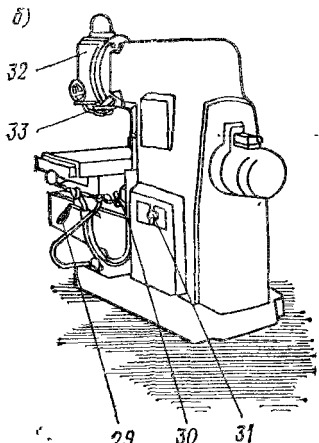


Рис. П.1.

Органы управления вертикального консольного фрезерного станка 6Р12П:



1 — рукоятка зажима гильзы шпинделя; 2 — кнопка; 3 — кнопка «Импульс шпинделя»; 4 — грибок — указатель частоты вращения шпинделя; 5 — кнопка «Пуск шпинделя»; 6 — кнопка «Стоп шпинделя»; 7 — кнопка «Быстрый ход стола»; 8 — рукоятка переключения частоты вращения; 9 — маховичок ручного продольного перемещения; 10 — рукоятка включения продольной подачи; 11 — рукоятка включения подачи салазок и консоли (имеет четыре положения: вперед—назад; вверх—вниз); 12 — переключатель направления вращения шпинделя; 13 — переключатель насоса охлаждения; 14 — переключатель ввода «Включено-выключено»; 15 и 29 — рукоятки зажима салазок; 16 — рукоятка, дублирующая рукоятку 11; 17 — указатель и переключатель подачи; 18 — рукоятка ручного перемещения консоли; 19 — маховик поперечного перемещения стола; 20 — включение продольной подачи «Вправо—влево»; 21 — кнопка «Стоп шпиндель»; 22 — кнопка «Пуск шпинделя»; 23 — кнопка «Быстрый ход стола»; 24 — ручное медленное перемещение стола; 25 — зажим стола; 26 — место установки путевых кулачков; 27 — квадрат поворота фрезерной головки; 28 — переключатель автоматического управления и механической подачи круглого поворотного стола (съемная принадлежность станка); 32 и 33 — зажимы головки

переключают скорость движения стола с рабочей подачи на быстрый ход и обратно. Расставляя в нужных местах паза стола кулачки, можно получать различные циклы движений: полуавтоматический вправо и влево, автоматический маятниковый и др. На металлорежущих станках применяются стандартизированные графические мнемонические символы, облегчающие запоминание и заменяющие надписи на табличках, поясняющих назначение того или иного органа управления. В табл. II.4 приводятся символы, применяемые на фрезерных станках.

II.3. Наладочное регулирование фрезерных станков

В результате нормальной эксплуатации станков в течение длительного времени, а также под воздействием вибраций и перегрузок время от времени возникает необходимость устранения появляющихся отклонений от нормального состояния частей станка, которые могут привести к некачественной обработке заготовок, а иногда и к поломке станка или режущего инструмента.

Регулирование зазоров в подшипниках шпинделей. Передние опоры шпинделей большинства моделей консольных фрезерных станков (6М80Г, 6М82, 6Р83Г, 6М83, 6Н11, 6М12, 6Р12, 6Р13, 6Р13Ф3, 6Р11Ф3 и др.) имеют идентичные конструкции, в которых применены двухрядные роликовые подшипники с конусным посадочным отверстием внутреннего кольца.

Регулирование радиального зазора (на примере станка модели 6Р13) производится следующим образом (рис. II.2). В конус шпинделя вставляется деревянная оправка. С выступающей цилиндрической поверхностью шпинделя 3 вводится в контакт измерительный штифт индикатора с часовым циферблатом или микрокатера с ценой деления не более 2 мкм. Покачивая при помощи оправки шпиндель в его опоре, замечают крайние наибольшие отклонения стрелки индикатора. Если общее отклонение превышает 8—10 мкм, то зазор необходимо уменьшить до этого значения. С этой целью отвинчивают винты 2 и снимают кольцо 1. Затем, вернув пробку 9, расконтривают гайку 7, отвернув штифт 8. Далее ударом медной выколотки по заднему торцу шпинделя подают его несколько вперед (на 0,5—1,0 мм) и, развернув виток упругой проволоки 12, вынимают дистанционные полукольца 4. После этого завинчивают гайку 7, втягивая шпиндель, одновременно насаживая и растягивая на его конусной шейке внутреннее кольцо двухрядного роликового подшипника 11.

В процессе этой операции шпиндель покачивают и наблюдают показания индикатора. По достижении отклонения 8—10 мкм затягивание гайки 7 прекращают

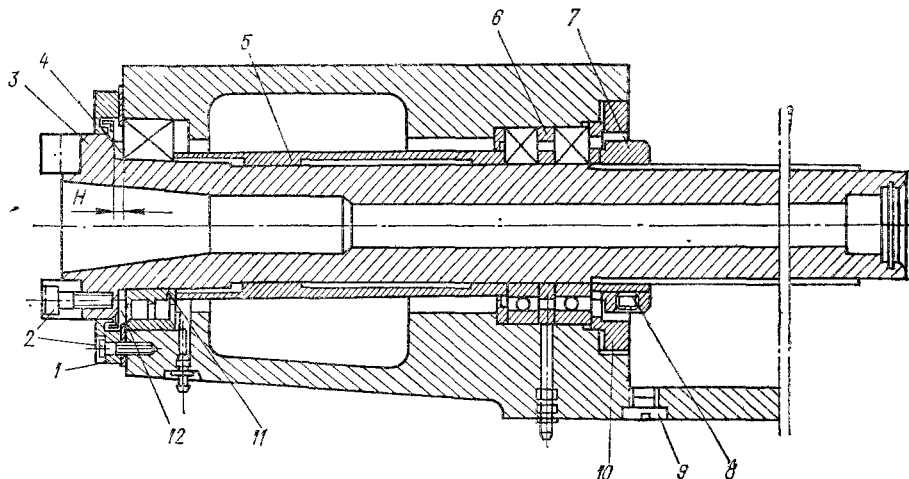


Рис. II.2.

Шпиндельная группа станка модели 6Р13 (устройство регулирования)

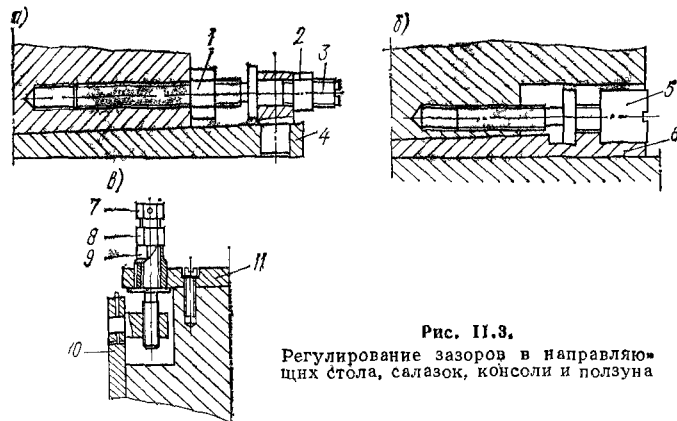


Рис. 11.3.
Регулирование зазоров в направляющих стола, салазок, консоли и ползуна

и тщательно замеряют точными концевыми мерами в четырех местах размер H , оставшийся под полукольца 4. Затем полукольца шлифуют на замеренный размер H и притирают на плоскостность, после чего ставят на место и закрывают кольцом 1. В заключение затягивают гайку 7 (сдавливая кольцо 6, подшипники и втулку 5) так, чтобы был обеспечен плотный контакт полуколец 4 с буртиком шпинделя и кольцом подшипника 11, гайку законтривают и завертывают пробку 9. Перед возобновлением работы необходимо смазать переднюю опору.

При регулировании осевого зазора в конус шпинделя устанавливается оправка. Торец шпинделя фиксируется (с натягом) измерительным штифтом индикатора часового типа. Через динамометр шпинделю в осевом направлении сообщается знакопеременная нагрузка $P = 1176 \pm 1960$ Н (120—200 кг). При этом замечаются наибольшие крайние отклонения стрелки индикатора, разность которых составляет осевой люфт шпинделя. Затем отвинчиваются гайки 7 и 10. Продвигается вперед и вынимается шпиндель. Демонтируются радиально упорные шарикоподшипники и с ними дистанционные кольца. Дистанционное кольцо 6 шлифуется по размеру, учитывающему размер замеренного осевого люфта. После этого все снятое ставится на места, гайкой 10 наружные кольца шарикоподшипников сжимаются, чем достигается их плотный контакт с дистанционным кольцом 6.

Регулирование зазоров в направляющих стола, салазок, консоли и ползуна. Регулирование этих зазоров производится изменением продольного местоположения клиньев. Регулирование зазора в направляющих стола ведется продвижением клина 4 (рис. 11.3, а) путем ввинчивания винта 3 в корпус при несколько ослабленной затяжке гайки 2 и отвинченной гайке 1. Между клином и направляющей поверхностью стола не должен входить щуп толщиной 0,03 мм. Плавность перемещения и степень усилия проверяются ручным способом. После регулирования гайки 1 и 2 надежно затягиваются.

Зазор в направляющих салазок регулируется кли-

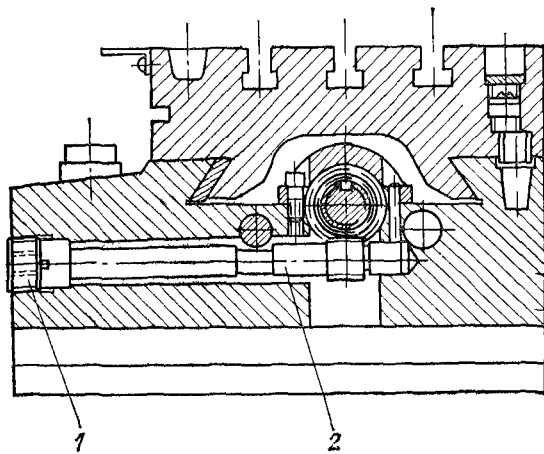


Рис. 11.4.

Механизм регулирования осевого люфта пары ходовой винт — гайка стола

ном 6, продвигаемым винтом 5 (рис. 11.3, б). Зазор не должен быть более 0,03 мм. Степень регулирования проверяется перемещением салазок вручную. На станках моделей 6Н80, 6Н81, 6Т80, 6Т81, 6Т82 и др. регулирование зазоров в направляющих консоли и ее зажим, как и зажим хобота на станине, производится с помощью одних и тех же клиньев. Так, зазор в направляющих консоли регулируется винтом 7 (рис. 11.3, в) при ослабленной гайке 8, а ее зажим — завинчиванием винтовой втулки 9. В обоих случаях клин 10 перемещается. Однако при такой конструкции восстановление в направляющих зазора, необходимого для рабочих перемещений консоли, достигается тем, что винтовая втулка 9 вывинчивается до упора винта 7 в планку 11. Зажим хобота производится затягиванием клина винтом, расположенным сзади станины.

Регулирование осевого люфта в винтовой паре ходовой винт — гайка стола производится следующим образом: несколько отвинчивается пробка 1 (рис. 11.4), затем отверткой через центральное отверстие в пробке поворачивается за шлиц на торце валик-червяк 2 до выбора зазора между гайкой и ходовым винтом. Это устанавливается вращением маховичка винта на обнаружение мертвого хода. Регулирование производится до тех пор, пока мертвый ход составит не более 3—4° поворота маховичка. Следует при этом убедиться, что на всей длине перемещения стола (вручную) не произойдет заклинивания гайки.

Регулирование предохранительной муфты в цепи привода подач (коробки подач станков моделей 6М81, 6М82, 6Н81, 6Н82, 6Т82 и др.). В целях предотвращения поломки при перегрузках следует обращать особое внимание на регулирование предохранительной муфты. При этом предварительно снимается крышка 2 и вывертывается пробка 1 (рис. 11.5, а). Затем винт 4 (рис. 11.5, б) вывинчивается настолько, чтобы он вышел из паза. В отверстие под пробку 1 вставляется стержень так, чтобы его конец вошел в одно из отверстий под ключ на цилиндрической поверхности гайки 3 и не позволял ей поворачиваться.

При помощи подходящей пластины поворачивается зубчатое колесо 9, на ступице которого установлена гайка 3. Этими поворотами в нужном направлении гайка свинчивается или навинчивается на резьбу ступицы зубчатого колеса 9 и тем самым уменьшает или увеличивает крутящий момент, который должен быть приложен

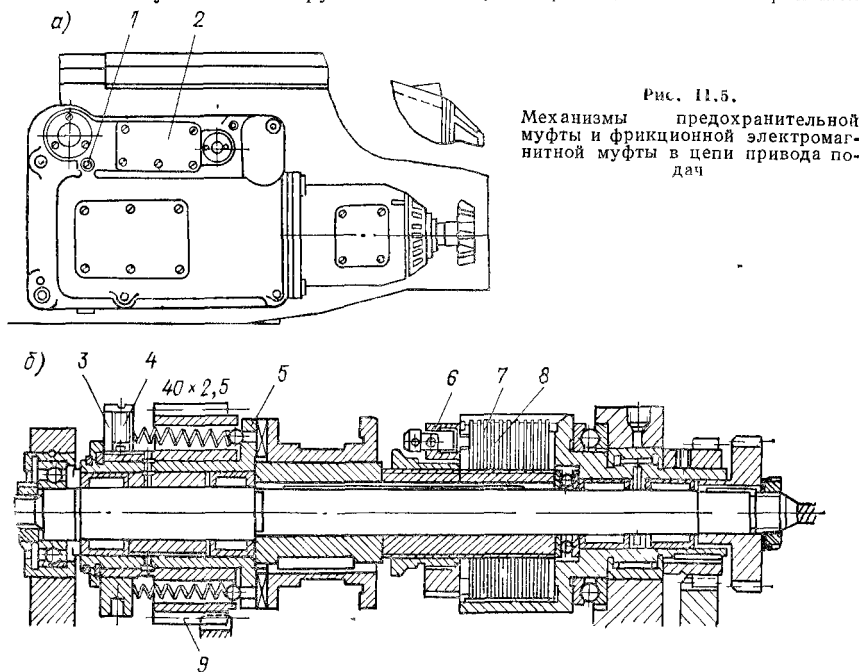


Рис. 11.5.
Механизмы предохранительной муфты и фрикционной электромагнитной муфты в цепи привода подач

к муфте 5 с торцевым зубом, чтобы заставить шарики отжать пружину и позволить ей повернуться. После регулирования завинчивается винт 4 так, чтобы он вошел в паз на ступице зубчатого колеса.

Нормальная работа фрикционной электромагнитной муфты (рис. П.5, б) в цепи привода быстрого хода обеспечивается соблюдением следующего ее состояния: а) общий зазор между дисками фрикциона 7 и 8 не должен превышать 2—3 мм; регулирование зазора производится гайкой 6 при снятой крышке 2 (рис. П.5, а); б) во включенном положении диски должны плотно прилегать друг к другу, будучи сжаты сердечником электромагнита.

П.4. Основные правила техники безопасности при работе на фрезерных станках

Обеспечение безопасной эксплуатации станков является важнейшим условием правильной организации рабочего места. Каждый фрезеровщик должен получить инструктаж по технике безопасности и строго соблюдать ее основные требования.

Перед началом работы необходимо:

1) привести в порядок рабочую одежду, т. е. застегнуть или обхватить широкой резинкой обшлаги рукавов, заправить одежду так, чтобы не было развевающихся концов; убрать волосы под плотно надетый головной убор или косынку;

2) убедиться в исправности станка, инструмента, приспособлений, ограждений, а также предохранительных и заземляющих устройств со стороны электропитания;

3) проверить на холостом ходу станка исправность действий органов управления, системы смазки и охлаждения, фиксацию рычагов включения и переключения; периодически проверять правильность работы блокировочных устройств;

4) немедленно заявить мастеру о всех обнаруженных неисправностях станка, инструмента, приспособлений, электрооборудования; до устранения неисправностей к работе не приступать; самостоятельно ремонтировать или переделывать детали и части станка не разрешается;

5) удобно установить тару под заготовки и обработанные изделия; проверить исправность подножной решетки, настила и отсутствие на них мест, залитых маслом.

Во время работы следует:

1) производить установку и съем тяжелых заготовок и приспособлений (с массой более 20 кг) только с помощью подъемных устройств; освобождать заготовку от подвески разрешается только после ее установки и надежного закрепления на станке;

2) не нарушать правило, запрещающее работать на станке в рукавицах или перчатках, а также с забинтованными пальцами, не защищенными резиновыми напальчниками;

3) надежно и жестко закреплять приспособления, инструмент и заготовки на станке;

4) в целях предотвращения травм рук, поломки фрез и порчи поверхности стола станка тяжелые фрезы 2 (рис. П.6, а) предварительно ставятся на специальную

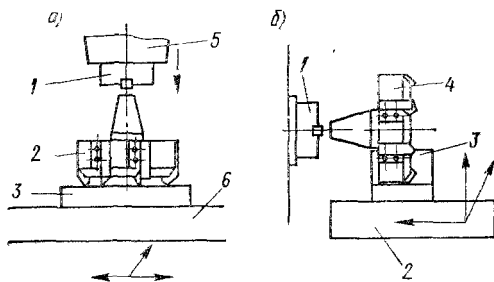


Рис. П.6. Способы установки на станке крупных и тяжелых фрез

деревянную подставку 3 (в крайнем случае на кусок толстой доски) на стол 6 станка. Затем, скользя вместе с ней по поверхности стола или перемещая стол и консоль, центрируют фрезу со шпинделем 1, после чего ручным перемещением гильзы или ползуна 5 шпинделя, а на горизонтальных станках — перемещениями стола 2 (рис. П.6, б) конус оправки фрезы 4 вводят в конусное отверстие шпинделя 1 и затем ручным завинчиванием (в резьбовое отверстие оправки) штрелеля или механизированным зажимом фреза закрепляется;

б) во избежание травм из-за поломки инструмента необходимо: а) включать сначала вращение шпинделя (фрезы) и лишь затем подачу, осуществляя это вне контакта инструмента с заготовкой; б) перед остановкой станка выключить сначала подачу и отвести фрезу от заготовки, затем выключить вращение шпинделя;

6) при возникновении вибраций станок остановить и принять меры к их устранению (проверить закрепление и состояние фрезы, заготовки, изменить режим резания);

7) при фрезеровании использовать защитные устройства, прозрачные защитные экраны (рис. II 7) или индивидуальные щитки-очки;

8) недопустимо производить измерения заготовки в процессе ее фрезерования;

9) вытирать руки только чистой, ранее не применявшейся ветошью, так как мелкой стружкой, оставшейся в ветоши, которой раньше вытирались инструмент или станок, можно поранить руки;

10) не облакачиваться на станок во время работы;

11) обязательно остановить станок и выключить электродвигатель, прежде чем покинуть рабочее место даже на короткое время, а также при прекращении подачи электроэнергии, уборке, смазке и чистке станка, обнаружении какой-либо неисправности и др.;

12) удалять стружки с заготовки и станка только специальными крючками и щетками-сметками.

По окончании работы требуется:

1) выключить станок и электродвигатель;
2) привести в порядок рабочее место, очистить станок от стружки, положить инструмент в отведенное место, аккуратно сложить заготовки и изделия;

3) смазать трущиеся части станка;

4) сдать станок сменщику или мастеру и сообщить о замеченных неисправностях и мерах, принятых по их устранению.

Для промышленных предприятий ГОСТом установлены цвета. На фрезерных, как и на других металлорежущих станках, используются сигнальные лампы красного, желтого, зеленого и белого цветов. Красный цвет обозначает «Запрещение» и «Явную опасность производить работу». Желтый предназначен служить предупреждением о возможной опасности, требует внимания. Зеленый цвет сохраняет свое общепотребительное значение — «Разрешение»; белый цвет сигнальной лампы подтверждает осуществление управляющего воздействия и срабатывание какого-либо механизма, например зажимов.

II.5. Некоторые важные общие правила эксплуатации станков

1. Допустимое колебание напряжения сети трехфазного тока для нормальной эксплуатации составляет 10—15 % от 380 В.

2. Перед включением напряжения питающей сети электротока все переключатели, имеющие фиксированное положение — начало, должны быть установлены в это положение.

3. Следует проверить ручную работу всех механизмов станка. При начале работы на новом станке это нужно сделать, предварительно установив назначение и порядок включения рукояток, кнопок и тумблеров.

4. Проверить поступление смазки и наличие ее в указателях масла.

5. Если при переключениях скоростей шпинделя рукоятка не доходит до фиксированного положения, то это означает, что шестерни не вошли в зацепление. В этом

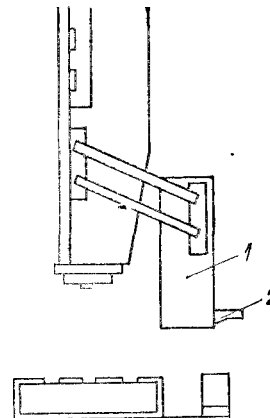


Рис. II.7.
Защитные экраны на фрезерных станках:
1 — прозрачный экран;
2 — ручка

случае необходимо нажать кнопку «Толчок шпинделя», при этом произойдет импульс включения, что позволит произвести затем нормальное зацепление шестерен.

6. Переключение скоростей главного движения (вращения шпинделя) на ходу не допускается.

7. Переключение коробок скоростей производится только после установки рукояток в фиксированные положения.

8. Не рекомендуются частые переключения скоростей в целях недопущения перегрузок двигателя главного движения от пусковых электротоков.

9. При наличии на станке механизма зажима инструмента пуск шпинделя станка не произойдет, если инструмент ожат.

10. Вращающиеся устройства всех фрезерных станков, служащие для закрепления заготовок и инструментов, должны иметь гладкие наружные поверхности.

11. Зона обработки в универсальных фрезерных станках как консольных, так и с крестовым столом должна быть ограждена защитным устройством (экраном).

12. В горизонтально-фрезерных станках задний конец шпинделя вместе с выступающим концом вилки для закрепления инструмента, а также выступающий из поддержки конец фрезерной оправки должны ограждаться быстросъемными кожухами.

Глава III

ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

III.1. Основные сведения о программном управлении

Программа обработки — это определенная последовательность избранных действий. Для того чтобы на станке обработать какую-либо заготовку, придав ей заданные формы и размеры, нужно выполнить на нем некоторый состав избранных действий, представляющий совокупность управляющих воздействий и перемещений рабочих органов (РО) станка.

Автоматом называется самоуправляющийся металлорежущий станок¹, который при осуществлении технологического процесса самостоятельно производит все перемещения РО, входящие в цикл обработки.

Полуавтоматом называется станок, работающий в автоматическом цикле, для повторения которого требуется вмешательство рабочего.

Неавтоматизированными действиями программы обработки чаще всего являются загрузка заготовок и снятие обработанных изделий, режущее — ориентирование заготовок и их закрепление (зажим).

Автоматизирование действий (управления) может быть в настоящее время осуществлено в основном двумя принципиально различными методами: методом механических управляющих воздействий и методом ЧПУ.

Системы механических управляющих воздействий основаны на использовании взаимных перемещений, возникающих при контактах между собой специально предназначенных для цели управления деталей, размещаемых на пути движения РО или участвующих в передаче движения тому или иному РО станка.

Необходимая последовательность воздействий достигается путем изменений во взаимном расположении этих деталей или изменением формы их контактных поверхностей. К таким деталям относятся: путевые упоры, ригели, копиры, шаблоны, профильные кулачки на кулачковых и копировальных автоматах и полуавтоматах. Для фрезерных станков примерами такого автоматизирования процессов обработки служат: шпоночно-фрезерные полуавтоматы, шлицефрезерные автоматы, объемно-фрезерные копировальные полуавтоматы.

Числовое программное управление основано на выражении всех команд, управляющих действиями на станке, в цифровой (дискретной) форме. При этом все перемещения РО станка, воспроизводящие траектории движения обрабатываемой заготовки и режущего инструмента относительно друг друга, задаются и оцениваются значениями координат в координатной системе самого станка. Очередность выполнения действий определяется последовательностью команд. Каждая команда содержит определенное число сигналов — импульсов — и выражается их числом. В случае команд на перемещение импульс вызывает одно элементарное (нераздельное по длине) перемещение, из которых составляется любая задаваемая длина пути того или иного РО.

Элементарное перемещение называется *ценой импульса* или *дискретностью*. Дискретность характеризует возможную точность выполнения размеров или, иначе, — точность обработки в ее пределе.

¹ В общем понятии — рабочая машина.

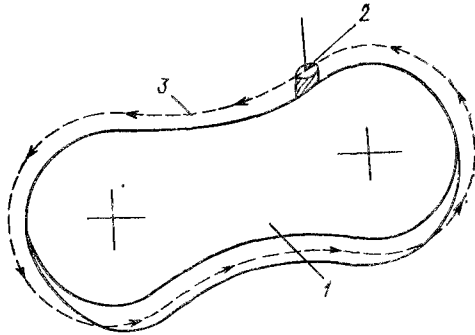


Рис. III.1.

Траектория перемещения фрезы при фрезеровании криволинейной поверхности

Фреза 2 обходит контур заготовки 1 по траектории 3. Эта траектория представляет собой геометрическое место точек различных положений центра фрезы при равном удалении его от поверхности контура и, следовательно, является эквидистантой² ему. Программирование рабочего цикла осуществляется по эквидистанте.

Обработка таких поверхностей требует точно согласованного перемещения инструмента относительно заготовки одновременно по двум (X, Y) или трем (X, Y, Z) координатам. В каждой точке траектории на таких участках значения координат отличаются от их значений в соседней точке. Из этого вытекает необходимость непрерывно изменять координаты бесчисленного множества точек траектории инструмента, что практически невозможно. Однако если допустить некоторые незначительные отклонения от теоретического контура, то при определенном сочетании большого числа прямолинейных перемещений по двум или трем взаимно перпендикулярным координатам криволинейный контур или пространственно-сложная поверхность изделия могут быть образованы.

На рис. III.2 показано геометрическое построение приближенной замены криволинейного контура методом линейно-кусочной аппроксимации. Аппроксимацией на математическом языке называется приближенная замена (выражение) каких-либо геометрических объектов через другие, более простые. В рассматриваемом случае инструмент перемещается³ ступенчато — кусочками Δl на равных по длине прямых участка аппроксимации. Чем больше таких прямых A и чем мельче кусочки Δl , тем точнее будет воспроизведен криволинейный контур.

В системах контурного ЧПУ применяются методы аппроксимирования, для осуществления которых устройства располагают вычислительными машинами, называемыми интерполяторами. Интерполятор по командам программы производит автоматический расчет координат

¹ Системы позиционного ЧПУ на фрезерных станках обычно не применяются.

² Эквидистантой называется геометрическое место точек, равноудаленных от какой-либо другой линии.

³ Здесь и далее под перемещением инструмента следует понимать его перемещение относительно заготовки.

Сигналы формируются в устройствах ЧПУ высоким уровнем электрического напряжения, замкнутым состоянием нормально открытого контакта электромагнитного реле, наличием отверстия в соответствующей дорожке перфоленты (носителя программы) и т. д.

Контурные (непрерывные) системы программного управления¹ применяются на фрезерных станках, где, наряду с обработкой плоских прямолинейных поверхностей, часто обрабатываются криволинейные контуры или поверхности сложной пространственной формы.

На рис. III.1 показана типовая схема траектории перемещения инструмента при контурном управлении

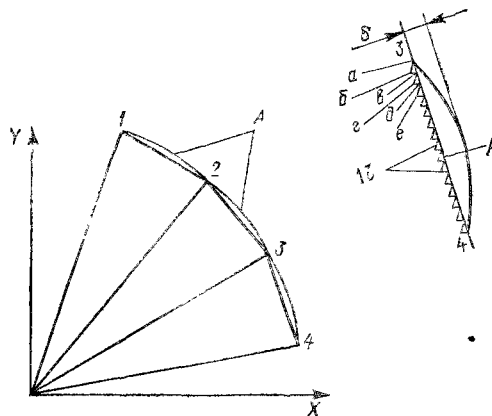


Рис. III.2.

Схема построения криволинейного контура методом линейно-кусочной аппроксимации

промежуточных точек (a, b, c, d, e, \dots) в необходимых количествах и с определенной частотой во времени, по адресам направлений движения РО формирует и посылает управляющие сигналы — импульсы — исполнительным органам станка (например, приводу стола, салазок, ползуна шпинделя и др.)

III.2. Кодирование программ и их носители

Кодом называется совокупность буквенных и цифровых символов, каждая из которых однозначно эквивалентна какой-либо команде, необходимой для управления станком. Для соблюдения однозначности выражения длины перемещения РО наиболее целесообразно применять числа. Однако небезразлично, как записывать числа, т. е. какую систему счисления для этого необходимо выбрать.

Самой простой системой счисления является единичная. В ней любое число записывается черточками, равными 1. Например, чтобы написать число 8, его требуется изобразить так: IIIIII. В системах контурного ЧПУ такая система счисления применяется при вторичной (автоматической) записи программы в так называемом декодированном виде и известна под названием унитарного кода. Этот код имеет только один символ — черточку, т. е. 1. Сколько таких символов записано в команде программы, столько импульсов и будет передано в управляющую систему станка.

Однако для числоимпульсных систем управления унитарный код неприемлем, так как запись программы становится чрезвычайно громоздкой: длина ленты программноносителя в этом случае составляла бы сотни метров. Наиболее приемлемой системой счисления является та, при которой для написания любых чисел требуется только два знака. В таком случае эти знаки могут быть уподоблены подтверждению или отрицанию, наличию или отсутствию какого-либо элементарного воздействия. Если обратиться к технике формирования сигналов, выражающих такие знаки, то один знак может быть выражен высоким уровнем электрического напряжения, замкнутым состоянием нормально открытого контакта электромагнитного реле, наличием отверстия на перфоленте и т. п. Второй знак выражается прямо противоположным состоянием всех перечисленных средств передачи сигналов.

Такой системой счисления является двоичная. У нее первая цифра 0, а вторая — 1. Однако двоичный счет наряду с преимуществами имеет и недостатки, связанные с техникой применения. Эти недостатки в известной мере устраняются при использовании смешанной двоично-десятичной системы счисления. В ней кодируемое число сохраняет порядок разрядов десятичного счета, а цифры в разрядах выражаются в двоичном счете.

В табл. III.1 приведена запись кодируемого числа 5832,42 в двоично-десятичной (смешанной) системе счисления. Для записи цифр в десятичных разрядах кодируемых чисел применяют четыре разряда двоично-десятичного счисления: $2^0, 2^1, 2^2, 2^3$, так как этого более чем достаточно, чтобы с их помощью выразить все 10 цифр — от 0 до 9 включительно. Запись чисел на перфоленте выполняется от старшего десятичного разряда к младшему.

В зависимости от допустимых длин перемещений и точности их отсчета (с одним, двумя, тремя знаками после запятой) системами устройств числового программного

Таблица III.1

Запись кодируемого числа в двоично-десятичной системе счисления

Разряд десятичного счета	Кодируемое число	Цифры в двоичном счете				Разряд десятичного счета	Кодируемое число	Цифры в двоичном счете			
		8	4	2	1			8	4	2	1
		2^3	2^2	2^1	2^0			2^3	2^2	2^1	2^0
3	5	0	1	0	1	0	2	0	0	1	0
2	8	1	0	0	0	— 1	4	0	0	1	0
1	3	0	0	1	1	— 2	2	0	0	1	0

управления (УЧПУ) устанавливается количество десятичных разрядов для записи величины числами, т. е. количество строк на ленте, которое может быть отведено для каждой числовой информации. Двоично-десятичная система счисления принята для записи программ станков с ЧПУ.

Технологические и логические команды имеют буквенные символы и символы-знаки. И те, и другие формой записи на программноносителе не отличаются от записи числа. Запись содержания программы обработки определяет порядок, в котором УЧПУ будет получать сигналы.

Команды формируются в кадры (фразы), которые могут иметь переменную длину в соответствии с объемом кодируемой информации. Каждая фраза состоит из команд (слов), определяющих программу работы отдельных исполнительных органов станка для обработки при одинаковых параметрах одного участка заготовки, что может быть приравнено переходу.

Кодированная запись символов команд на восьмидорожечной перфоленте показана на рис. III.3. В середине ленты идет дорожка с отверстиями под шпелки барабанов, протягивающих ленту в считывающем устройстве УЧПУ.

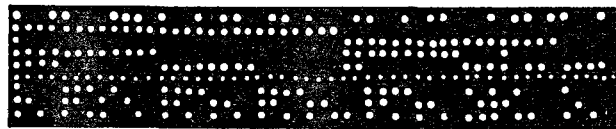


Рис. III.3.
Образец записи программы на перфоленте

В СССР принят код по ГОСТ 13052—74*, тождественный международному коду ИСО. Запись символов выполняется путем перфорации (пробивания) отверстий на бумажной ленте (по ГОСТ 1086—68 и ГОСТ 1391—70) шириной 25,4 мм. Ленты с записанной на них программой называются программноносителями.

В табл. III.2 приводятся код по ГОСТ 13052—74*, соответствующий коду ИСО, символы и их назначение, комбинации отверстий на перфоленте. В таблице помещены только те символы кода, которые используются при программировании работ на фрезерных станках с устройствами ЧПУ НЗЗ-1М, наиболее распространенными.

Рабочие органы металлорежущих станков могут (в ряде конструкций) перемещаться в направлениях, параллельных движению других РО, например вертикальное перемещение консоли, параллельное перемещению ползуна шпинделя. Если нужно запрограммировать перемещение двух таких РО, то необходимо его раздельное адресование. С этой целью код имеет, например, символ *W* для второго перемещения по оси *Z*. Символ, обозначаемый буквой *G*, именуется как подготовительная функция управления, адресующая команды, связанные с изменением характера перемещений РО. Примерами этого служат переходы на линейное перемещение, круговое по часовой стрелке и против часовой стрелки, выбор плоскостей *XU*, *XZ*, *YZ*, коррекция на длину положительная, коррекция на радиус положительная против часовой стрелки и др.

Функция *G* всегда задается непосредственно после номера кадра. По адресу *M* используются такие технологические команды, как безусловная остановка работы, остановка с подтверждением ее необходимости с пульта управления станка, включение шпинделя, отключение шпинделя, включение шпинделя с охлаждением и т. д.

При программировании обработки на участках криволинейных (дугообразных) поверхностей адресование значений начальных координат дуг ведется символами *I*, *J* и *K*. Эта информация необходима для выполнения автоматических расчетов, координат точек криволинейной траектории в границах не более $\frac{1}{4}$ окружности.

Для задания коррекции траектории перемещения инструмента используется адрес *L*. Этот адрес всегда помещается перед символом «конец кадра».

Восьмая дорожка на перфоленте предназначена для указания на ней проверочного отверстия, по наличию или отсутствию которого ведется проверка правильности записи кодовых комбинаций. Так, если пробито на семи дорожках число отверстий в одной строке ленты делится на два, то на восьмой дорожке отверстия быть не должно; в противном случае отверстие обязательно пробивается. Такой способ контроля называется проверкой на четность.

Таблица III.2

Символы кода по ГОСТ 13052—74*, применяемые на фрезерных станках с ЧПУ, и их назначение

Символ	Назначение символа	Перфорация на дорожках. Обозначение дорожек								
		8	7	6	5	4	С	3	2	1
%	Начало программы	○		○			·	○		○
i	Установка в исходную точку			○	○	○	·		○	
+	Знак перемещения плюс			○		○	·		○	○
-	Знак перемещения минус			○		○	·	○		○
NUL	Пусто — пробел						·			
	Цифры:									
0	0			○			·			
1	1	○		○	○		·			○
2	2	○		○	○		·		○	
3	3			○	○		·		○	○
4	4			○	○		·	○		○
5	5	○		○	○		·	○	○	○
6	6			○	○		·	○	○	○
7	7	○		○	○		·	○	○	○
8	8	○		○	○	○	·			○
9	9	○		○	○	○	·			○
	Начальная координата дуги:									
I	x_0	○	○				·			○
J	y_0	○	○			○	·		○	
K	z_0		○			○	·		○	
F	Скорость (величина) подачи	○	○				·	○	○	○
G	Подготовительная функция		○				·	○	○	○
L	Ввод коррекции	○	○			○	·	○		
M	Технологическая команда		○			○	·	○		○
N	Номер кадра		○			○	·		○	
S	Частота вращения шпинделя		○		○		·		○	○
T	Позиция инструмента (номер)	○	○		○		·	○		
	Перемещение по координате:									
X	X	○	○		○	○	·			
Y	Y		○		○	○	·			○
Z	Z		○		○	○	·		○	
LF	Конец кадра					○	·		○	
FE	Перемотка перфоленты	○				○	·			
W	Второе перемещение, параллельное Z	○	○		○		·	○	○	○
DEL	Забой	○	○	○	○	○	·	○	○	○

III.3. Устройство циклового программного управления

Система циклового программного управления (ЦПУ) представляет собой некоторое соединение метода путевых механических управляющих воздействий с упрощенным программным управлением

Станок с цикловым программным управлением отличается от станка с традиционным ручным управлением следующим: он оборудован линейками 4, 7, 8 (рис. III.4) с продольными пазами и набором путевых упоров, переставляемых в этих пазах. В процессе перемещения РО (стола, салазок стола, консоли) упоры воздействуют на соответствующие конечные микропереключатели, размещенные в блоках 4, 7, 8. Эти переключатели преобразуют или прекращают движения РО через штекерный коммутатор (рис. III.5), в гнездах 2 которого, состоящих из двух контактных полукруглых пластин, могут находиться штекеры 1 — съемные замыкатели цепи электрического тока. Нужный состав команд управления обеспечивается возможностью срабатывания соответствующего реле (например, P1, P2, P3 и др.)

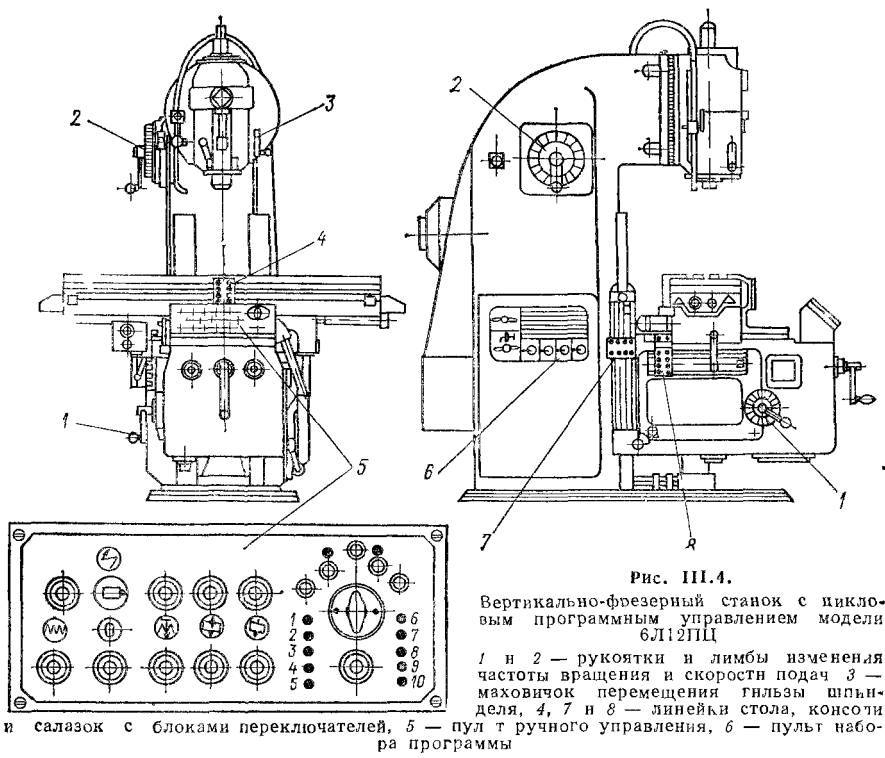
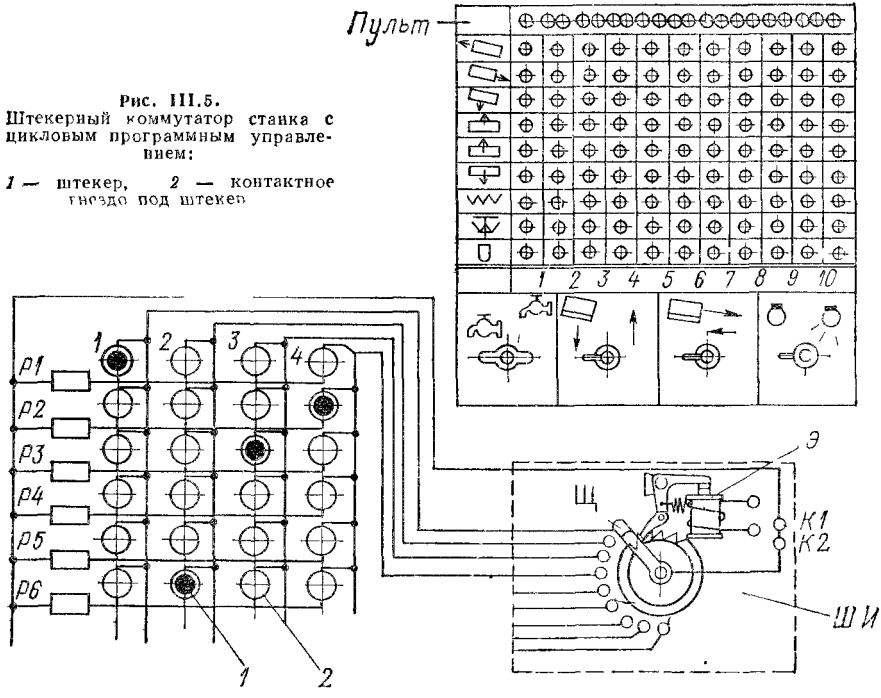


Рис. III.5.
Штекерный коммутатор станка с цикловым программным управлением:
1 — штекер, 2 — контактное гнездо под штекер



вследствие того, что по цепи, к которой оно подключено, может в некоторый момент времени пройти ток, пропущенный штекером, вставленным в гнездо этой цепи.

Появление тока в цепи вызывается работой шагового искателя ШИ, который автоматически включается после выполнения каждого элемента рабочего цикла путем введения в действие электромагнита Э, заставляющего повернуться рычаг с собачкой храпового колеса. Собачка поворачивает на один шаг храповое колесо со щеткой Щ и замыкает электрическую цепь через следующий контакт. Контакты К1 и К2 постоянно находятся под током.

Штекерные коммутаторы могут быть типа, показанного на рис. III 5, и другого типа — барабанного, применяющегося на фрезерных станках модели 6С12Ц. Число программируемых команд ограничивается и зависит от числа вертикальных рядов гнезд под штекеры. Обычно в барабанном коммутаторе первые 10 вертикальных рядов служат для команд влево, вправо, вперед, назад, вверх, вниз, быстрый ход, быстрый ход с опусканием консоли, ползучая (очень медленная) подача, стоп. Следующие ряды гнезд служат для установки штекеров, включающих конечные выключатели для выполнения очередного перехода.

Для целей наладки и обработки с ручным управлением все фрезерные станки с ЦПУ имеют органы ручного управления. Работа станка в автоматическом цикле по набранной программе производится после нажатия кнопки «Работа по программе». Станок модели 6Л12ПЦ (см. рис. III 4) служит примером такого управления.

III.4. Устройство числового программного управления на фрезерных станках

Каждому направлению перемещений рабочих органов станков с ЦПУ присваиваются функция определенной координаты координатной системы данного станка и соответствующее обозначение (оно же адресный символ), например X, Y, Z, W и др. Чтобы все станки, изготовляемые в разных странах и разными предприятиями, имели одинаковые значения направлений перемещений и соблюдалось необходимое единство трактовки, принят международный стандарт ISO—R841 (ИСО).

Положения и направления осей координатных систем фрезерных станков показаны на рис. III 6. Положительным (+) направлением перемещения по осям принято считать то, при котором обрабатываемый инструмент или заготовка отступают друг от друга. Отрицательным (—), — когда они сближаются. Положительными направлениями вращения вращательных движений приняты направления вращения правых винтов при их (мысленных) перемещениях в положительных направлениях осей X, Y, Z. Стрелками, обозначенными буквами со штрихами (+X', +Y', +Z') показаны положительные направления перемещений заготовок, а стрелками с буквами без штрихов (—X, —Y, —Z) — те же направления перемещений инструмента относительно заготовок.

Станки с ЦПУ в зависимости от применяемой в них системы программного управления имеют дополнительную индексацию в составе шифра.

Индекс Ф1 обозначает, что станок оборудован цифровой индикацией и пред-набором. Цифровая индикация — это наглядная ин-

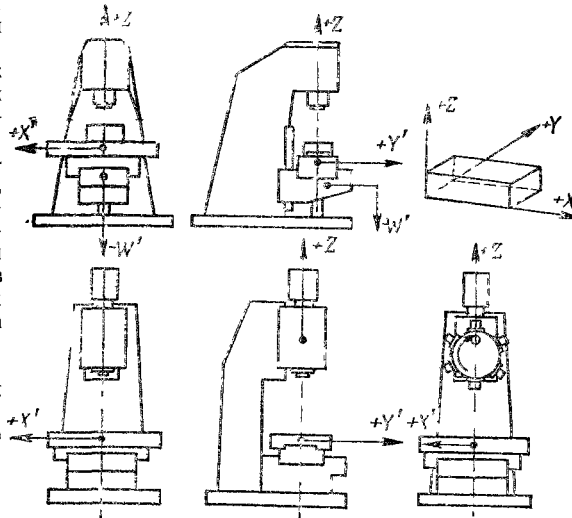


Рис. III.6. Расположение и направление осей координатных систем фрезерных станков

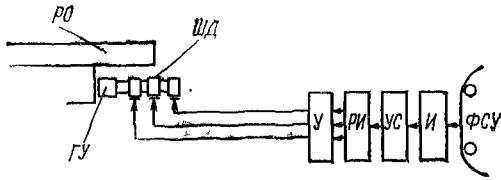


Рис. III.7.

Схема шаговой системы ЧПУ

формация при помощи световых табло на пультах управления. Индицироваться могут: числовые значения перемещений, направления перемещений, частоты вращений, скорости подачи, номера кадров, номера (позиции) инструментов и др.

Индекс Ф2 сообщает станкам с позиционными системами ЧПУ (на фрезерных станках обычно не применяется).

Индекс Ф3 означает, что станок оборудован системой контурного ЧПУ для автоматического управления движением одновременно по двум или трем координатам.

Индекс Ф4 придает шифрам многооперационных станков со смешанными системами как позиционного, так и контурного ЧПУ. Многооперационные станки обычно оборудуются автоматизированной сменой инструмента и многоинструментальными магазинами.

Термин «преднабор» обозначает способность управляющего устройства «запомнить» предварительно заданные ручным набором с пульта ограниченные по составу действия, в том числе перемещения РО, которые затем будут выполнены станком в процессе обработки в автоматическом режиме.

По технике преобразования управляющего сигнала в непрерывное перемещение РО контурные системы ЧПУ составляют три группы: шаговые, счетно-импульсные (суммирующие) и фазовые. Наибольшее применение во фрезерных станках отечественного производства получили шаговые системы.

Шаговая система ЧПУ приведена на рис. III.7. В этом случае ввод программы осуществляется с перфоленты через фотосчитывающее устройство ФСУ в интерполятор И. Преобразованные сигналы команд в виде электроимпульсов соответствующих числа и частоты генерации поступают в усилитель считывания УС и далее — в распределитель импульсов РИ, который распределяет импульсы по обмоткам статора шагового двигателя ШД. Мощность ШД недостаточна для того, чтобы непосредственно вращать через передачу ходовой винт РО. С целью усиления крутящего момента вращение передается через гидроусилитель моментов ГУ. Питание ГУ маслом (рабочее тело) осуществляет гидронасосная станция, имеющая самостоятельный привод.

Шаговые двигатели позволяют преобразовывать импульс в строго фиксированный угол поворота и тем самым переместить РО через винтовую пару на точный линейный размер.

Шаговый электродвигатель (рис. III.8) трехстаторный. Статор 1 с тремя параллельными группами полюсов вмещает ротор 2 (на валу 3), который, как и статор, имеет три группы с равными количествами полюсов. Каждая группа полюсов ротора смещена относительно другой на $\frac{1}{3}$ межполюсного расстояния. Обмотки 5 электромагнитов 4 статора соединены последовательно в секции I, II, III и питаются током независимо друг от друга. При очередном включении напряжения в секциях I, II, III (одна из секций находится под током) ротор совершает шаговые повороты на углы, соответствующие совмещению полюсов магнитов статора с магнитами ротора 2. Напряжение в секции обмотки поступает как бы порциями, вызывающими каждый раз поворот на $0,75^\circ$.

Гидроусилитель моментов (рис. III.9, а) состоит из аксиально-поршневого гидродвигателя 1, золотника 3 и крана-распределителя 2, соосно соединенных между собой и с шаговым двигателем 4. Он производит увеличение мощности привода, действующего от маломощного

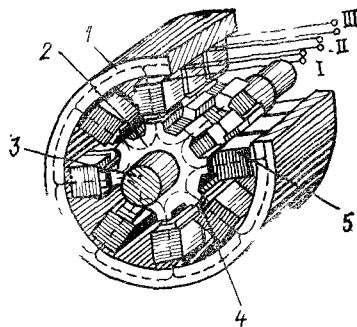


Рис. III.8.
Шаговый электродвигатель

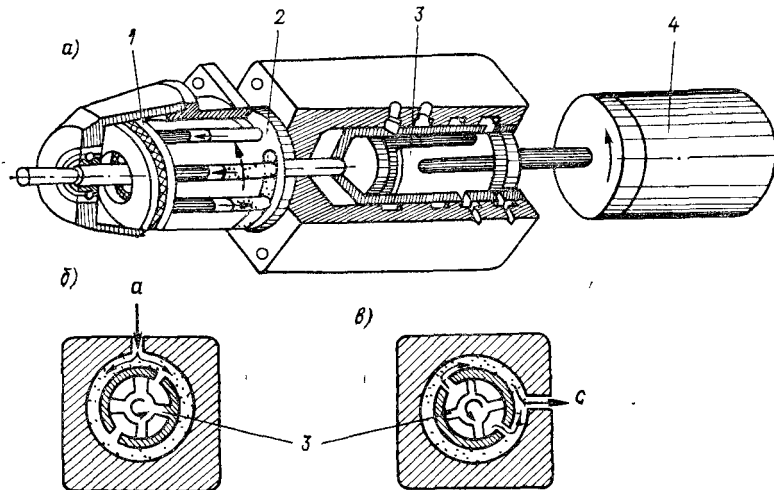


Рис. III.9.

Гидроусилитель моментов привода с шаговым двигателем

ШД. Гидродвигатель 1 приводится во вращение маслом, поступающим от гидронасоса через отверстие [по стрелке *a* (рис. III.9, б)]. Масло на слив удаляется из гидроусилителя через кольцевую канавку и паз золотника в отверстие *c* (рис. III.9, б). Поршневая система двигателя получает его порциями синхронно с шаговыми поворотами ротора электродвигателя. Это достигается вращением крана-распределителя 2 (рис. III.9, а) непосредственно ШД, что обеспечивает работу золотника 3 (рис. III.9, б), а следовательно, и гидродвигателя в том же режиме.

Точные по длине перемещения — продольные — стола, поперечные — салазок стола, вертикальные — ползуна шпинделя, — достигаются автоматически с помощью шариковых винтовых пар. В шариковых винтовых парах трение скольжения заменено трением качения, в силу чего они имеют незначительный закручивающий момент сил. Это обстоятельство исключает упругое закручивание в цепи привода подачи, которое в условиях работы обычных винтовых пар вызывает дополнительные перемещения РО после прекращения вращения электродвигателя. Надежная работа шариковых винтовых пар обеспечивается тщательной промывкой и защитой от пыли. На рис. III.10 показана шариковая винтовая передача. Ходовой винт 1 с полукруглыми формами ниток соединен с такой же гайкой 4 через непрерывную и замкнутую цепь шариков 2.

Замыкание, позволяющее шарикам возвратиться на исходный виток, совершается по наружной трубке 3. Системы ЧПУ могут быть замкнутыми и разомкнутыми. В замкнутых производится автоматический контроль выполнения величин перемещений. Он осуществляется при помощи датчиков обратной связи ДОС и блоков сравнения БСр. ДОС находится на РО и при его перемещении непрерывно вырабатывает импульсы обратной связи, которые посылает в БСр. Здесь происходит сравнение их числа с числом командных импульсов. Когда число импульсов совпадает, т. е. когда

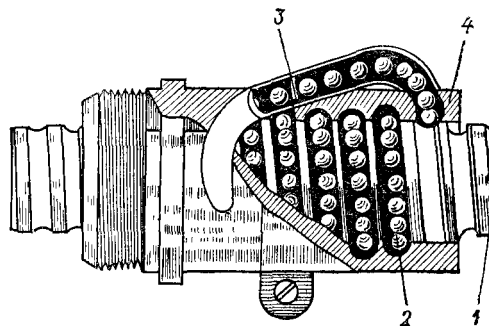


Рис. III.10.

Шариковая винтовая передача

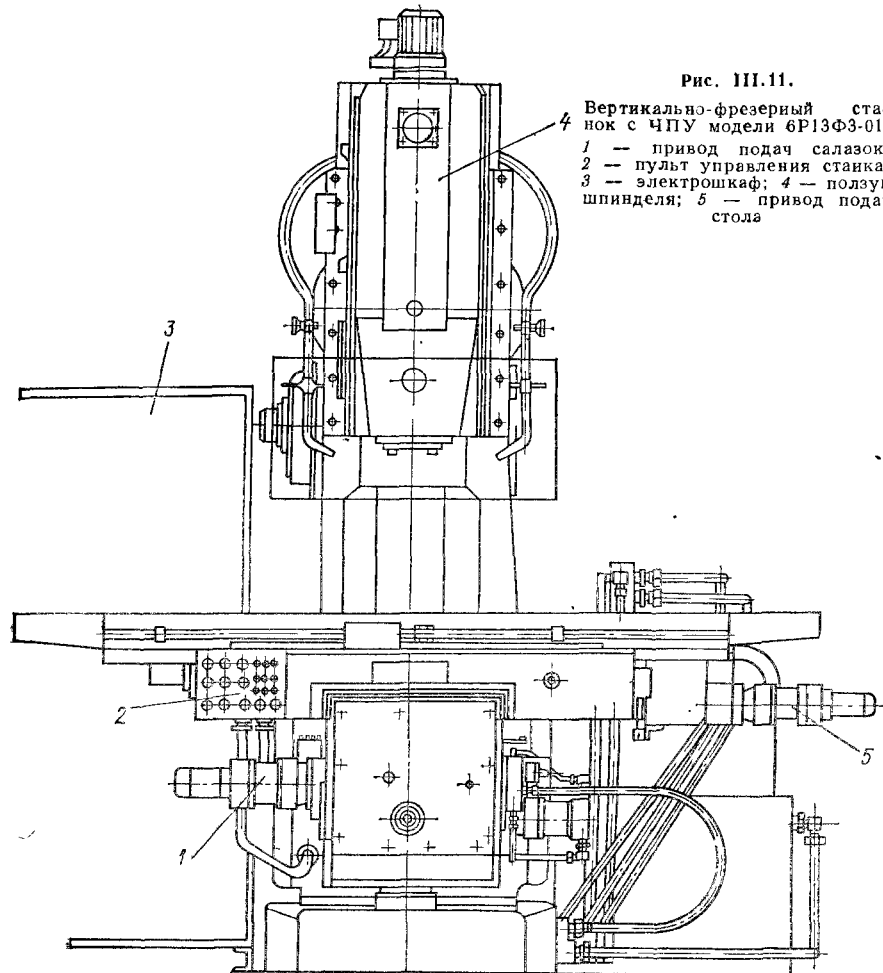


Рис. III.11.

Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ модели 6P13Ф3-01:
 1 — привод подач салазок;
 2 — пульт управления станка;
 3 — электрошкаф; 4 — ползуны шпинделя; 5 — привод подач стола

система отработает заданное перемещение, подается команда на остановку РО. Шагово-импульсные системы являются разомкнутыми

Вертикально-фрезерный консольный станок с ЧПУ модели 6P13Ф3 01 (рис. III 11) широко распространен. Он оборудован контурной шагово-импульсной системой типа НЗЗ-1М. Устройство ЧПУ обеспечивает одновременное управление по трем координатам (X, Y и Z). Приводы подач электрогидравлические, одинаковые для продольной 5, поперечной 1 и вертикальной подач (на рисунке привод вертикальной не виден, находится сзади, за верхней частью ползуна шпинделя). Вращение кранов-распределителей гидроусилителей осуществляется от шагового двигателя типа ШД5-Д1М. Гидродвигатели гидроусилителей типа 332Г18-24 питаются от гидростанции Г48-44Г (размещается сзади станка). Электрошкаф 3 и УЧПУ находятся рядом, слева от станка. Пульт ручного управления 2 помимо тумблеров и кнопок обеспечивает задание команд: «Автоматический режим»; «Пуск программы»; «Пуск гидравлики»; «Установка в ноль координат X и Y». Ползун шпинделя 4 оборудован электромеханическим зажимом инструмента, электродвигатель которого расположен наверху ползуна.

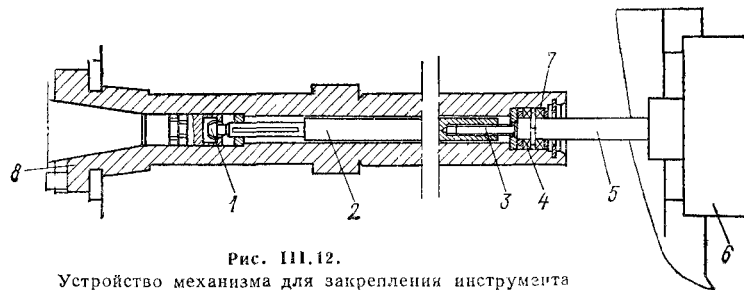


Рис. III.12.
Устройство механизма для закрепления инструмента

Стол станка и его салазки снабжены измерительными линейками, позволяющими производить перемещения на нужные значения с точностью размера до 0,5 мм. Продольные перемещения стола и поперечные — салазок ограничиваются электрическими конечными выключателями и жесткими постоянными упорами, равноудаленными от оси шпинделя.

Механизм зажима (рис. III.12) имеет следующее устройство: в сквозном центральном отверстии шпинделя 8 станка установлена тяга 2, нижний (для горизонтальных станков — передний) конец которой имеет трапецевидной формы прямоугольную в своем сечении головку 1. Тяга 2 не может вращаться, так как длинная шпонка на ее тонкой ступени входит в шпоночный паз кольца, впрессованного в отверстие шпинделя. С другого конца тяга 2 имеет резьбовое отверстие. Электродвигатель 6 оборудован удлинителем вала 5, на конце которого смонтирована кулачковая полумуфта 7, другой конец удлинителя опирается на шарикоподшипниковую опору, расположенную в концевой части отверстия шпинделя. Кулачковая полумуфта 7 подпружинена в осевом направлении. Винтовой валик 3 первоначально несколько завинчен в резьбовое отверстие тяги. На другом его конце закреплена вторая кулачковая полумуфта 4.

Переходные конусные втулки режущих инструментов (рис. III.13) дополняются захватами, которые могут быть отрегулированы по длине на размер a . Это достигается завинчиванием (или отвинчиванием) захвата 1 во втулку 3. После того как размер a получен, захват законтривается контргайкой 2. Устанавливается этот захват так, чтобы его Т-образный паз был перпендикулярен к ведущим пазам 4 втулки 3. Переходная втулка 3 с режущим инструментом вводится в конусное отверстие шпинделя таким образом, чтобы при ее повороте на 90° пазы 4 совместились с шипами в шпинделе по рис. III.12. Затем переключателем на пульте управления станка включается зажим. Окончание зажима определяется по проселкиванию кулачковых муфт.

Пульт УЧПУ системы НЗЗ-1М показан на рис. III.14. Он может рассматриваться как типичный для фрезерных станков. На верхней части пульта расположена полоса 8 световой числовой информации. Колбы специальных ламп на своих круглых экранах высвечивают на этой полосе числа номеров кадров программы, номеров инструментов и трехразрядные числа коррекций. Световое табло 1 служит для информации о возникших «сбоях» и о нормальном ходе работы в процессе выполнения заданий программы. В этих случаях освещаются сделанные на матовом экране надписи: «Сбой станка» 2, или «Сбой ЧПУ» 3, «Автомат» 4. Кроме надписей освещаются те или другие указатели — ХУ, ХЗ, S, T, KB, TO и т. д. Эти указатели информируют оператора о месте — адресе,

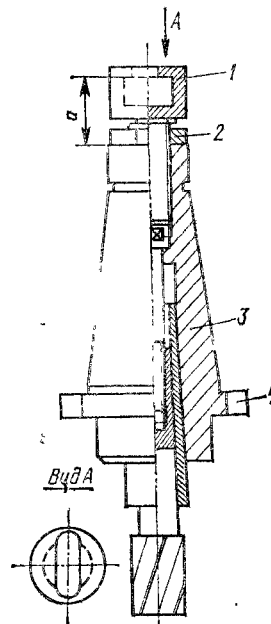
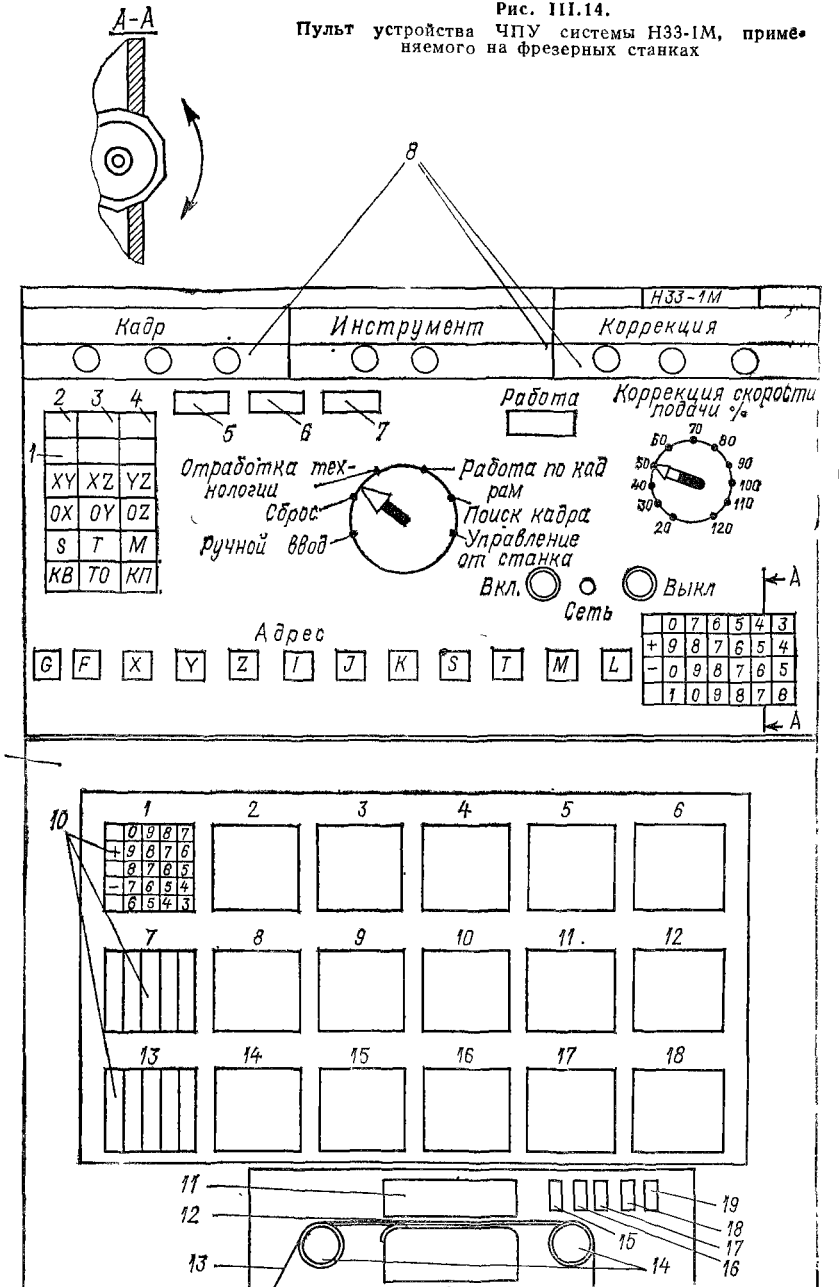


Рис. III.13.
Переходная конусная втулка для зажима инструмента на станке модели 6Р13Ф3-01

Рис. III.14.
Пульт устройства ЧПУ системы НЗЗ-1М, приме-
няемого на фрезерных станках



где произведено выполнение команды. Например, освещенные *OX*, *OY* и *OZ* сообщают о возвращении в 0 по координатам *X*, *Y* и *Z*; освещенное *KB* — «Конец ввода»; *TO* — «Технологический останов»; *KП* — «Конец программы». Клавиши 5 — «Привод», 6 — «ЧПУ», 7 — «Технологический останов» предназначены для подтверждения команд программы, записанных на перфоленте. Например, если команда «Технологический останов» была задана не как безусловная (есть такое определение в задании команд), то для ее осуществления нужно нажать клавишу «Технологический останов». В противном случае остановки не произойдет. Эти же клавиши используются при работе в режиме «Ручной ввод». Под названием «Адрес» расположены клавиши, обозначенные буквенными символами кода. Они служат для адресования различного вида команд, вносимых в ЧПУ при осуществлении работы в режиме «Ручной ввод» обычно при наладке станка. В условиях наладки станка с УЧПУ НЗЗ-1М коррекции под адресом 4 производятся с так называемого технологического пульта 9, который расположен ниже основного пульта УЧПУ. На нем размещены 18 декадных переключателей 10 под своими номерами. На них могут быть набраны четырехзначные числа, например максимальное 99,99 и знаки + и —. Ниже технологического пульта в нише помещено фотосчитывающее устройство «Консул 337-6», предназначенное для перфоленты 13 с восемью дорожками. Оно состоит из самого считывающего аппарата 11, считывающей головки 12, двух бобин 14, с которых сматываются и наматываются длинные ленты с записью программ. Справа от аппарата помещены клавиши управления: клавиша 15 — включение ФСУ; 16 — пуск; 17 — направление ленты влево; 18 — направление ленты вправо; 19 — выключение ФСУ.

III.5. Многооперационные фрезерные станки с программным управлением

Многооперационными мегаллорежущими станками принято называть станки с ЧПУ, наделенные средствами наиболее полной обработки различных заготовок с одной их установки в непрерывном автоматическом цикле. Главными средствами для достижения этой цели наряду с другими технологическими возможностями станков с ЧПУ являются: автоматизация изменения частоты вращения шпинделя и автоматическая смена режущего инструмента, участвующего в обработке.

Примером многооперационного вертикально-фрезерного станка с ЧПУ может служить широко применяющийся в настоящее время станок модели ЛФ260-МФ4 (рис. III.15). Магазин инструмента 6 на 14 позиций, с вертикальной осью вращения барабана размещен справа от ползуна шпинделя 3. Механическая рука — автооператор 7 — находится между барабаном магазина и ползуном. Двухзахватный автооператор помимо вращательного движения совершает осевые перемещения. При поворотах производится одновременный захват сменяемого и заменяющего инструмента, затем их обмен, после того как они выведены из конусных отверстий гнезд в шпинделе и барабане магазина. Вывод оправок инструментов и их ввод в гнезда производится путем вертикальных перемещений механической руки в осевом направлении.

Захваты автооператора входят в специальные прямоугольные кольцевые канавки *a* или канавки конической формы *b* по ОСТ 2-П14—78 на цилиндрических участках конусных оправок-втулок (рис. III.16, *a* и *b*).

Установка барабана магазина в позицию под смену инструмента выполняется по команде программы в соответствии с кодированием заменяющего инструмента. Кодирование инструментов многооперационных станков позволяет не связывать их с каким-либо определенным местом в магазине. При этом допускается любая последовательность загрузки магазина инструментом. Для смены данного инструмента магазин поворачивается во время работы станка только один раз в положение, при котором инструмент будет находиться в позиции смены на другой инструмент, поскольку отработавший инструмент возвращается в то же гнездо барабана магазина.

Кодирование инструмента производится путем установки на оправке (рис. III.16) в определенной последовательности различных комбинаций колец из набора колец 1, 2, 4, 8 разных диаметров. При повороте барабана магазина оправка, проходя мимо микродатчика, замыкает кольцами его контакты. При совпадении кода

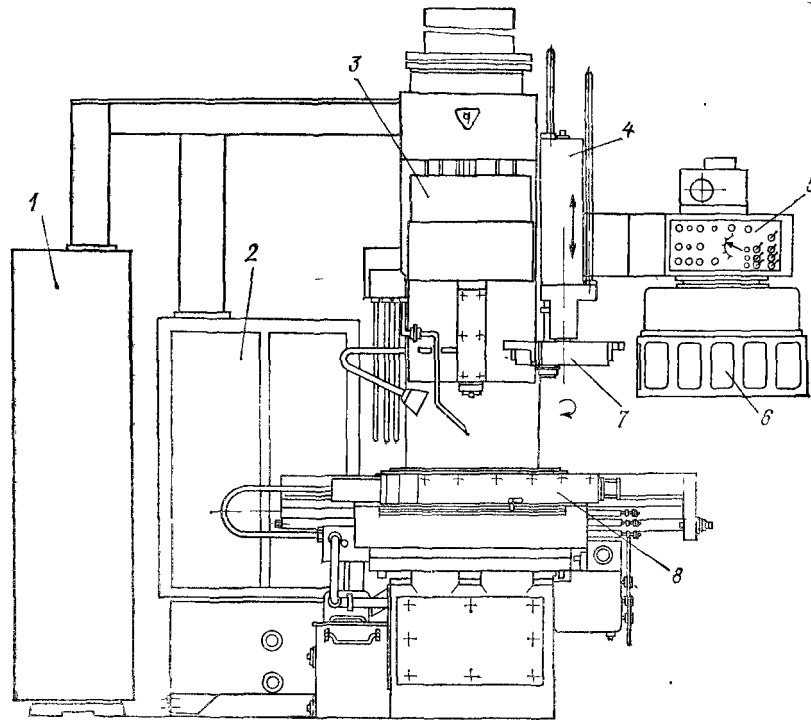


Рис. III.15.

Многооперационный вертикально-фрезерный станок модели ЛФ260-МФ4 с автоматической сменой инструмента.

1 — шкаф УЧПУ, 2 — электрошкаф станка; 3 — ползуны шпинделя, 4 — ползуны и привод автооператора; 5 — пульт управления станка; 6 — барабан магазина инструментов, 7 — автооператор; 8 — стол

оправки, т. е. комбинации колец с кодом, записанным в программе, барабан оста навливается. При этом гнездо магазина с нужным инструментом будет находиться в позиции смены инструмента.

Многооперационный станок модели ЛФ260-МФ4 оборудован УЧПУ модели НЗЗ-1М, т. е. таким же, как у станка модели 6Р13Ф3-1М, которое было рассмотрено ранее

Многооперационным станком более широких технологических возможностей является сверильно-фрезерно-расточный станок модели ИР800-Ф4. Инструментальный магазин — барабан с вертикальной осью вращения — помещается над передней стойкой, состоящей из двух частей. Между частями стойки по их направляющим поверхностям, обращенным друг к другу, перемещается шпиндельная бабка. Между крайним верхним положением шпиндельной бабки и магазином инструментов размещен двухзахватный автооператор. При замене инструмента шпиндельная бабка смещается со своей рабочей позиции, перемещаясь на фиксированное крайнее верхнее положение в зону, обслуживаемую автооператором. После смены инструмента шпиндельная бабка возвращается в рабочую позицию. Автооператор осуществляет те же манипуляции, что и на станке модели ЛФ260-МФ4. В барабан магазина загружается 30 инструментов. Кодированы не сами инструменты, а гнезда в барабане. Станок имеет круглый поворотный стол, позволяющий вести обработку более чем с четырех сторон. Стол может быть переведен на заднюю часть станины под смену заготовки с помощью самостоятельного манипулятора или загружен обычным путем — крановыми средствами.

Станок оборудован УЧПУ системы «БОШ» с кодированием команд программы кодом по ГОСТ 13052—74*, соответствующим коду ИСО — 7 бит. Система УЧПУ станка IP800-Ф4 позволяет один раз перед началом обработки произвести считывание программы с записи на перфорированной ленте, вводя ее в объемную память системы, а затем выполнять обработку по программе без считывания за счет этой памяти.

III.6. Наладка фрезерных станков с программным управлением

Наладочный режим. Этим термином определяется комплекс требований, обязательных к выполнению при управлении автоматами и полуавтоматами в процессе наладки. Основные из них следующие: ручное раздельное включение в работу механизмов и РО станка, ручное или покадровое движение, ручная проверка взаимодействий в процессе управления с пультов только через органы (кнопки, тумблеры, переключатели и т. д.), разрешенные в наладке.

Состав и последовательность работ по наладке фрезерных станков с ЧПУ должны соблюдаться в таком порядке: 1) комплектование (получение) инструментов и другой технологической оснастки; 2) сравнение диаметров (радиусов) и длин режущих инструментов с их расчетными значениями; 3) определение значений коррекций, связанных с размерами инструментов, запись их по видам коррекций и номерам корректоров; 4) зарядка считывающего устройства; 5) ориентирование и установка приспособлений и заготовки в соответствии с координатами исходной точки (ИТ); 6) установка инструмента; 7) ввод коррекций; 8) опытная обработка заготовки (заготовок при многопозиционной обработке) в автоматическом режиме.

Комплектование инструментов и технологической оснастки производится в точном соответствии с картой обработки (ЕСТД ГОСТ 3.1404 74) и так называемой распечаткой программы. В условиях работы на станке с ручной сменой инструментов каждый режущий инструмент, участвующий в обработке, должен быть укомплектован своим вспомогательным инструментом. Это позволяет до начала обработки подготовить его к установке в конусное отверстие шпинделя, обеспечив неизменность фактической длины инструмента, и заранее (а не в момент установки) определить необходимость в коррекции по длине и ее значение. Такая организация сокращает затраты вспомогательного времени.

На станках с автоматической сменой инструмента применяется специальный вспомогательный инструмент с устройством для индивидуального кодирования и канавками под захват автооператора (рис III 16). Пока еще существуют различия в конструкциях, формах и размерах мест под захват автооператором, а также различия в кодирующих устройствах, поэтому при комплектовании необходимо проследить за соответствием этих инструментов станку.

Сравнение диаметров и длин инструментов с их расчетными значениями является важнейшим этапом наладки, от тщательности и точности выполнения которого зависит точность форм и размеров изделий. Если радиус концевой фрезы будет больше или меньше расчетного значения (т. е. значения принятого в программе), то на столько же будет меньше или больше фактический размер, которым определяется положение обрабатываемой (например, криволинейной) поверхности относительно других поверхностей заготовки.

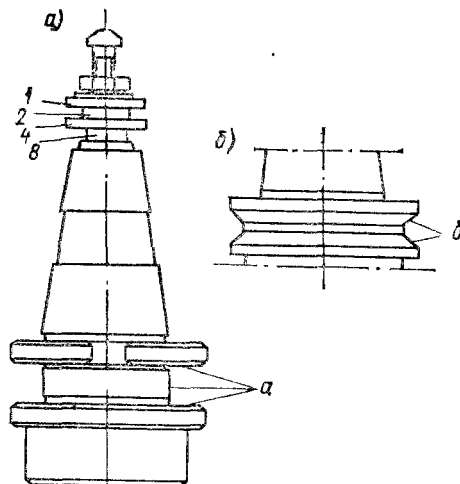


Рис. III.16.

Переходная конусная втулка для зажима инструмента на станке модели ЛФ260-МФ4 с набором кодирующих колец 1, 2, 4, 8

Измерение диаметра фрезы производится таким измерительным инструментом, у которого порог чувствительности несколько выше того значения, которому соответствует допустимое отклонение изделия. Следует принимать в расчет возможное радиальное биение фрезы, а также выполнять проверку радиального биения фрезы, закрепленной в конусной переходной втулке, в которой она будет установлена в конус шпинделя. Если радиальное биение более чем в два раза превосходит допустимое отклонение, то инструмент должен быть заменен. Установка в конус шпинделя станка может вызывать увеличение погрешности размера инструмента за счет дополнительного радиального биения.

Для проверки биения фрезы от посадочного конуса втулки или оправки рекомендуется применять специальные приборы (устройства). На рис. III.17 показан такой прибор модели БВ-2013, предназначенный для размерной настройки вращающегося режущего инструмента. Настраиваемый или проверяемый инструмент с конусным хвостовиком (конусность 7:24) устанавливается в конусном отверстии шпинделя 3. Фиксатор 2 исключает поворот шпинделя при затяжке инструмента маховичком 1. На стойке прибора размещены вертикальная 10 и горизонтальная 9 каретки.

Вертикальная каретка перемещается ходовым винтом 11 при вращении маховика 12 и фиксируется рукояткой 4. На этой каретке находятся прямоугольные направляющие для горизонтальной каретки. Каретка 9 предусмотрена для установки или измерения размера инструмента по радиусу, а также для контроля радиального биения. Для этого на каретке помещены насадка 5 и два индикатора с ценой деления 0,01 и 0,002 мм. Один служит для определения размера длины вы-

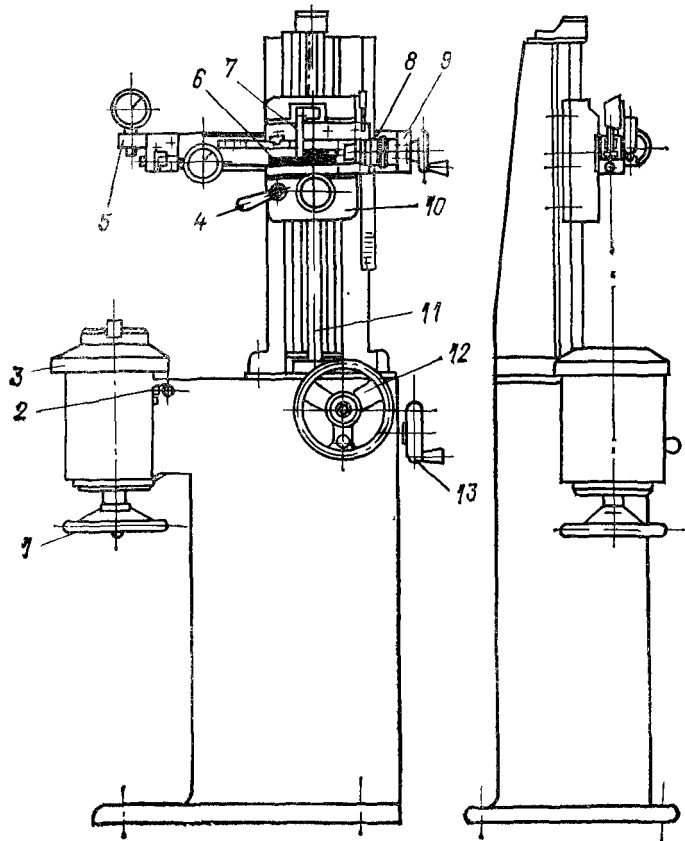


Рис. III.17.
Прибор для измерения и контроля радиуса фрез, радиального биения и длины вылета

лета, а второй — для определения размера наибольшего радиуса или радиального биения.

На призме 6 расположена концевая мера. Микрометрической головкой 8, винт которой через концевую меру прижат к неподвижному упору 7, производится установка на необходимый размер (координаты по осям X , Y) путем повертывания ее лимба. Для предварительной установки каретки служит маховичок на торце ходового винта. Гайка ходового винта имеет предусмотренный осевой зазор, который выбирается пружиной, обеспечивающей упругий контакт упора 7 с винтом головки 8.

При горизонтальном перемещении каретки 9 одновременно вращается шпиндель 3 маховичком 1; благодаря этому штифт индикатора вначале коснется инструмента в точке наибольшего радиуса, что и будет соответствовать моменту определения размера радиуса.

Измерение длины вылета инструмента производят при медленном перемещении каретки 10 малым маховичком 13. Отсчет величины ведется по вертикальной шкале. Моментом определения размера является контакт торцевого режущего лезвия инструмента (в горизонтальной плоскости) со штифтом индикатора. Наряду с механическими, применяются оптические приборы, имеющие более высокий порог чувствительности.

Зарядка считывающего устройства. Фотосчитывающее устройство (ФСУ) «Консул 357-6» размещается под технологическим пультом УЧПУ. Оно может быть заряжено двумя способами: способом бобин и способом бесконечной ленты. Способ бобин применяется в случаях длинных перфолент, содержащих программы больших объемов, так как после отработки программы с изготовлением одного изделия или группы их в одном автоматическом цикле перфолента должна быть вновь перемотана на первую бобину. Для перемотки ФСУ снабжены перематывающим механизмом, который может вступать в работу и по команде программы.

Способ бесконечной ленты состоит в том, что перфолента склеивается концами и образует как бы бесконечную ленту. В результате после окончания программы через некоторый пустой промежуток вновь идет начало ленты. Перфолента закладывается в щель между двумя ведущими барабанами ФСУ и проходит направляющий лоток, а затем — считывающую головку.

Смазывающийся участок ленты свободно самоукладывается в плоском ящичке устройства и высирается оттуда вновь на первую бобину (см. рис. III.14). Перед вставкой ленты необходимо нажать на клавишу «Зарядка», затем заправить ленту так, чтобы ведущая (транспортная) дорожка своими отверстиями наделась на шпелки тянущего барабаничка, для чего она должна быть ближе к лицевой стороне. После зарядки может быть нажата клавиша «Пуск».

В модернизированных УЧПУ НЗЗ-1М фотосчитывающие устройства имеют справа от себя пять клавиш. Управление с помощью этих клавиш позволяет производить все необходимые операции, связанные с работой программноносителя.

Ориентирование и установка приспособлений и заготовок. Приспособления, применяемые на станках с ЧПУ, предназначены не только правильно ориентировать базовые поверхности заготовки (заготовок) относительно направлений перемещений РО станка и закреплять заготовку, но и устанавливать ее в заданное программой обработки положение относительно начала отсчета перемещений, т. е. нуля.

Координаты, связывающие координатную систему изделия — его базы с началом отсчета, — указываются в технологической карте наладки. В системе УЧПУ НЗЗ-1М применяется отсчет по приращениям. Это означает, что каждое перемещение началом своего отсчета имеет точку, в которой было закончено предыдущее перемещение. Такая особенность ведения отсчета позволяет использовать три способа установки приспособлений и заготовок.

Способ I. Приспособление 1 (рис. III.18, а) и закрепленная на нем заготовка 2 ориентируются поверхностями базирования параллельно направлениям перемещений стола. Центральное отверстие заготовки, расположенное согласно чертежу изделия точно относительно обрабатываемого контура, избирается в качестве исходной точки траектории режущего инструмента. В конусном отверстии шпинделя станка закрепляется гладкий валик, центрируемый цанговым патроном. На валик надевается скользящая по нему втулка, наружный диаметр которой равен диаметру центрального отверстия в заготовке.

С помощью этого простого устройства ось шпинделя совмещается с осью отверстия заготовки одновременно, тем самым и приспособлению придается нужное поло-

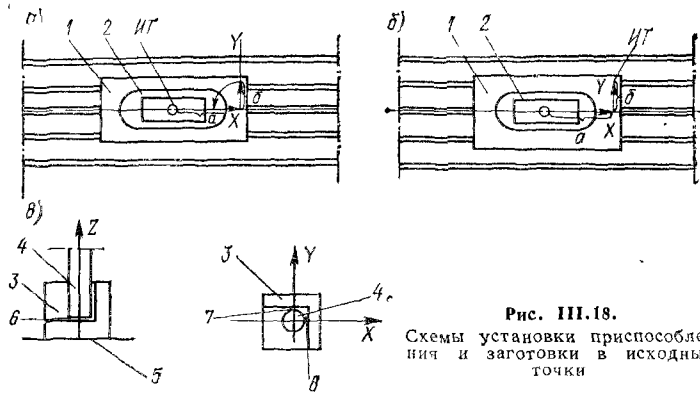


Рис. III.18. Схемы установки приспособления и заготовки в исходные точки

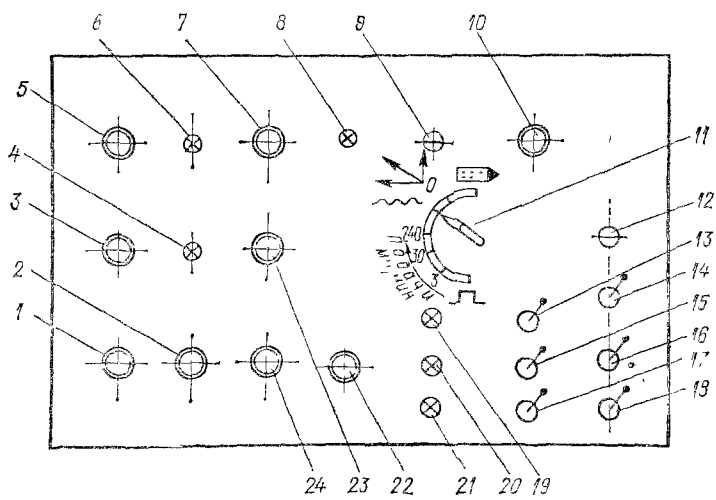


Рис. III.19.

Пульт управления станка модели ДФ260-МФ1.
 1 — кнопка разжима ползуна шпинделя; 2 — кнопка вращения магазина инструмента; 3 — пуск привода; 4, 6, 8, 19-21 — сигнальные лампочки; 5 — кнопка включения станка; 7 — кнопка «Стоп»; 9 — переключатель «Технологический останов»; 10 — кнопка «Пуск программы»; 11 — переключатель режимов; 12 — переключатель «Стоп подачи»; 13 — тумблер — выбор направления перемещения стола; 14 — то же — наладочных перемещений автооператора; 15 — то же — выбор направления перемещения салазок; 16 — то же — наладочного подъема автооператора; 17 — то же — выбор направления перемещения ползуна шпинделя; 18 — наладочный поворот автооператора; 22 — кнопка «Подача в ручном режиме»; 23 — кнопка «Стоп привода»; 24 — кнопка «Снятие фиксации инструмента в магазине»

жение, в котором оно закрепляется. На пульте управления станком нажимается кнопка «Установка в 0». Работа по программе начнется с начальным перемещением a по оси X и b по оси Y ; в этой точке ползун шпинделя со своего исходного крайнего верхнего положения перемещает инструмент в рабочую зону. После обработки шпиндель вернется в исходную точку (ИТ).

Способ II. Приспособление 1 с закрепленной заготовкой 2 (рис. III 18, б) ориентируется параллельно направлениям перемещений стола станка. Ось шпинделя станка при помощи валика со втулкой ставится в ИТ, отстоящую на размер a по оси X

и на размер b по оси Y от центрального базового отверстия в заготовке. Если высокой точности не требуется (допуск на обрабатываемой поверхности это позволяет), стол может быть перемещен на размеры a и b по имеющимся отсчетным линейкам. На пульте станка нажимается кнопка «Начало отсчета 0» (рис. III.19). При таком задании ИТ путь инструмента короче, установка проще, однако точность положения заготовки (или приспособления) меньше.

Способ III. Его принципиальное отличие от способа II состоит в том, что установка шпинделя станка в ИТ производится при помощи так называемого установа (рис. III.18, в). Установ 3, закрепленный на приспособлении 5, занимает положение ИТ, соответствующее предусмотренному программой обработки данной заготовки. Валик 4, закрепленный в шпинделе, путем ручных перемещений стола ставится относительно установа 3 так, чтобы между ним и внутренними плоскими поверхностями установа в зазоры 7 и 8 могли быть с некоторым трением просунуты пластинки щупа толщиной 0,03 мм. Если вместо контрольного валика 4 затем закрепить режущий инструмент, то контролем по зазору b можно устанавливать его на длину расчетного вылета. На установе обычно электрогравировкой указываются координаты X , Y и Z .

Установка инструмента. На станках с ручной сменой первый режущий инструмент ставится до начала обработки заготовки. Последующие инструменты, участвующие в операции обработки, устанавливаются во время предусмотренных в программе пауз — так называемых технологических остановов. При автоматическом возникновении такой паузы на световом табло пульта оператора (см. рис. III.14) в рубрике «Инструмент» появляется светящееся число, информирующее о номере инструмента, которым следует заменить действовавший. Оператор отжимает (кнопкой на пульте управления станком) механический зажим n , сняв прежний инструмент, устанавливает новый, после чего возобновляет работу в автоматическом режиме нажатием клавиши «Работа».

При работе на станках с автоматической сменой инструментов все участвующие в операции инструменты до начала обработки устанавливаются в гнезда магазина. Если работа производится на станке, где автоматическая смена осуществляется за счет поворота многшпиндельной револьверной головки, инструменты должны занять в ней строго определенные для каждого из них позиции. Номера позиций шпиндельной головки и инструментов в них должны быть тождественны. Операционная карта (ОК) технологического процесса в этом случае должна содержать указания о нумерации режущих инструментов.

На многооперационных станках с магазинами инструментов инструменты устанавливаются в них только после того, как каждый из них будет закодирован в соответствии с нумерацией, указанной в ОК и принятой при программировании данной обработки. Кодирование инструментов выполняется наладчиком или оператором следующим образом. Оправки или переходные втулки (см. рис. III.16), которые применяются для закрепления фрез и других инструментов, освобождаются от наборов установленных на них кодовых колец 1, 2, 4, 8 путем отвинчивания захвата a и гайки, сжимающей кольца. Затем в соответствии с приданным инструменту номером и табл. III.3 на оправку устанавливаются в том порядке, как показано на рис. III.16, нужные из набора кольца и затягивают их гайкой через распорные промежуточные шайбы. Захват a возвращается на место. Например, для кодирования инструмента № 9 на оправке оставляется самое нижнее кольцо 8, кольца 4 и 2 заменяются промежуточными шайбами и на свое место ставится кольцо 1. После кодирования инструмент уста-

Таблица III.3
Кодирование номеров инструментов на многооперационных фрезерных станках с ЧПУ

Номер инструментов	Кодовые комбинации из весовых значений			
	1=2 ⁰	2=2 ¹	4=2 ²	8=2 ³
1	+			
2		+		
3	+	+		
4			+	
5	+		+	
6		+	+	
7	+	+	+	
8				+
9	+			+
10		+		+
11	+	+		+
12			+	+
13	+		+	+
14		+	+	+
15	+	+	+	+

навливаются в гнезда магазина без необходимости соблюдения порядка по его номерации. Процесс установки состоит в следующем (рис. III.19): включается станок; нажимается кнопка «Расфиксация инструмента в магазине»; устанавливается один инструмент; отпускается кнопка «Расфиксация инструмента»; нажимается кнопка «Вращение магазина», после поворота более чем на шаг¹ кнопка отпускается; нажимается кнопка «Расфиксация инструмента в магазине»; устанавливается второй инструмент, затем третий и т. д. до установки всех участвующих в обработке инструментов.

Ввод коррекций. Коррекция (исправление) предусмотрена в целях внесения поправок в информацию, которую содержит записанная на перфоленте программа обработки. Такие поправки чаще всего связаны с выявлением отклонений в размерах инструментов от расчетных и отклонений от размеров изделий (обработанных заготовок). Причинами отклонений могут быть неравномерные или увеличенные припуски на обработку, неправильно учтенная жесткость СПИД² и др.

Коррекция вводится до начала отработки программы при установке режима работы с ручного пульта, в положении нуля отсчета. Коррекция может быть по геометрическим размерам (диаметр, длина вылета фрезы) и по режиму обработки (скорость подачи, частота вращения шпинделя). Коррекция скорости подачи может вноситься в любое время в процессе отработки программы, но на скоростях не более 1200 мм/мин (2000 Гц) в УЧПУ НЗЗ-1М и НЗЗ-2М.

Значения геометрических коррекций выражаются в количествах импульсов. Допустим, что радиус фрезы оказался больше расчетного на 0,28 мм. Чтобы получить значение коррекции, скажем, связанной с эквидистантой криволинейного контура (т. е. траекторией перемещения центра фрезы), следует значение этого отклонения разделить на значение цены импульса, знак поставить «+», так как в нашем примере поправочное перемещение направлено от заготовки. При цене импульса, равной 0,01 мм (что соответствует данным станка ЛФ260-МФ4) коррекция составит $0,28 : 0,01 = 28$.

Значение коррекции и ее знак рекомендуется записать под номером того корректора на технологическом пульте УЧПУ, который в соответствии с записью команд программы предусмотрен для выполнения такой коррекции. Одновременно полезно записать вид коррекции. Могут быть введены только те коррекции, которые предусмотрены и отражены в записи программы обработки. Это устанавливается чтением технологической карты наладки и «распечатки» программы, каждая строка которой содержит информацию одного кадра и начинается с его номера, например: $N = 001 G01 X - 008450 Y - 004280 Z - 002476 F4724 L301LF$.

На возможность внесения коррекции указывает наличие в кадре слова с адресом L . Адрес L всегда располагается в конце фразы (т. е. кадра) Код коррекции, записываемый в распечатке, состоит из буквенного символа L и трех цифр A_1 , A_2 и A_3 ; иначе, символ L сопровождается трехзначным числом. Высший разряд этого числа, т. е. A_1 , информирует о виде коррекции. Так, в нашем примере значения A_1 следующие:

$A_1 = 1$,	корректируется	координата	X
$A_1 = 2$,	»	»	Y
$A_1 = 3$,	корректируются	координаты	X, Y
$A_1 = 4$,	корректируется	координата	Z
$A_1 = 5$,	корректируются	координаты	X, Z
$A_1 = 6$,	»	»	Y, Z
$A_1 = 7$,	»	»	X, Y, Z

Цифры A_2 и A_3 служат для информации о номере корректора, который задан программой для внесения коррекции, предусмотренной в данном кадре. Технологические пульты УЧПУ НЗЗ-1М и НЗЗ-2М имеют 18 корректоров (см рис III.14).

Код коррекции не содержит указания, с каким знаком может быть введена коррекция. Если такое указание должно иметь место³, то знак коррекции задается пу-

¹ Здесь шаг равен расстоянию между гнездами инструментов.

² СПИД — система станок—приспособление—инструмент—деталь (заготовка).

³ Вызывается обстоятельствами, при которых внесение любой поправки, например со знаком минус, вызовет брак изделия.

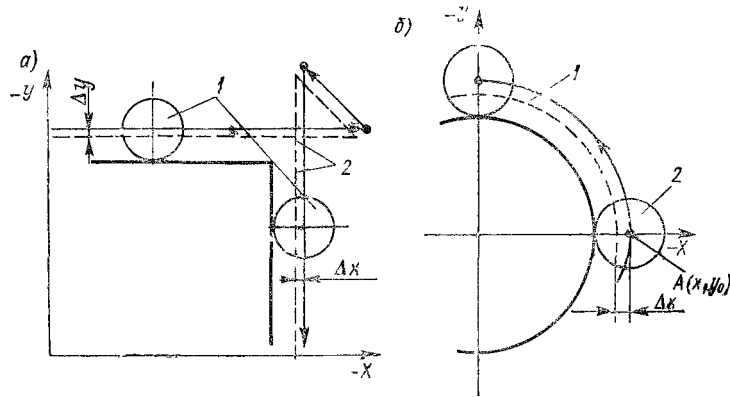


Рис. 11.20.

Схемы коррекций: а — при линейной интерполяции б — при круговой интерполяции против часовой стрелки

тем замены первой цифры (нуля) у двух разрядных чисел, придаваемых подготовительным функциям G01, G02 и G03, на цифру 4, когда задается + (плюс), на цифру 5, когда задается — (минус) например, G41 или G53.

С осуществлением ввода коррекции связаны и некоторые другие подготовительные функции. Такими являются G40, которой осуществляется команда отмены коррекции; G41 — коррекция длины инструмента положительная (+); G51 — то же отрицательная (—); G42 — коррекция радиуса инструмента при перемещении по часовой стрелке положительная; G52 — то же отрицательная; G43 — коррекция радиуса инструмента положительная (+) при перемещении против часовой стрелки; G53 — то же отрицательная (—).

Подготовительные функции G41, G42 и G43 обеспечивают взятие коррекций с положительным знаком (+) независимо от набора набранного на соответствующем корректоре, а функции G51, G52 и G53 — то же с отрицательным знаком (—) УЧПУ НЗС-1М и НЗС-2М, если в них отсутствует так называемый блок эквидистанты, не обеспечивают возможности введения коррекции на параметры траектории инструмента, обходящего криволинейный обрабатываемый контур заготовки по эквидистанте. На рис. 11.20, а показана схема коррекции при линейной интерполяции на размер радиуса фрезы 1. Пунктиром 2 показан неправый (расчетный) путь центра фрезы, требующий доправки. Коррекция Δx должна быть введена со знаком «—», так как производится отнесение траектории инструмента вправо. Коррекция Δy также берется со знаком «—» (см рис. 11.6). В этом примере запись коррекции в распечатке будет L305, если программой задается корректор под номером 5.

На рис. 11.20, б показана схема коррекции при круговой интерполяции. Для изменения размера радиуса дуги 1 координата x ее начальной точки А должна быть увеличена на Δx , т. е. фреза отнесена от центра дуги вправо. В записи кадра, в котором обрабатывается этот квадрант окружности контура изделия, должны быть заданы подготовительная функция G53 и коррекция L306, если номер корректора, например, 6.

После пробной обработки заготовки и измерения полученных на ней размеров при необходимости вносятся новые поправки путем сброса в 0 (переключателем режимов на пульте оператора УЧПУ) прежде набранных коррекций и набора новых уточненных значений на тех же корректорах.

Коррекция положения эквидистанты ограничивается ее значением, равным 2,55 мм, а не возможностью числа, набираемого на декадном переключателе корректора (это число 99,99).

Глава IV
ПРОЦЕСС ФРЕЗЕРОВАНИЯ

IV.1. Основные понятия и определения

Различают два основных вида фрезерования *тангенциальное*, при котором режущие лезвия вращающегося цилиндрического инструмента образуют обработанную поверхность параллельно оси его вращения (рис IV 1, а), и *радиальное*, когда лезвия вращающегося инструмента образуют обработанную поверхность, перпендикулярную к оси его вращения (рис. IV 1 б)

Скоростью резаний v (м/мин) называется окружная скорость (м/мин) наиболее удаленных от оси вращения инструмента точек режущего лезвия. Она определяется по формуле

$$v = \pi D n / 1000, \quad (1)$$

где D — диаметр окружности вращения режущего лезвия (в частном случае — диаметр фрезы), мм; n — частота вращения инструмента, об/мин. Фрезеровщику чаще приходится решать обратную задачу — определять требуемую частоту вращения (об/мин) фрезы заданного диаметра в зависимости от принятой скорости резания

$$n = 1000v / (\pi D). \quad (2)$$

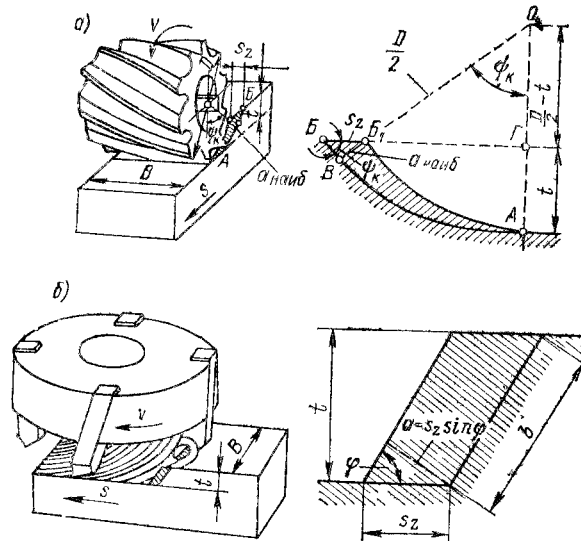


Рис. IV.1.

Схемы фрезерования плоскости и сечение срезаемого слоя при фрезеровании фрезами а — цилиндрической; б — тоцевой

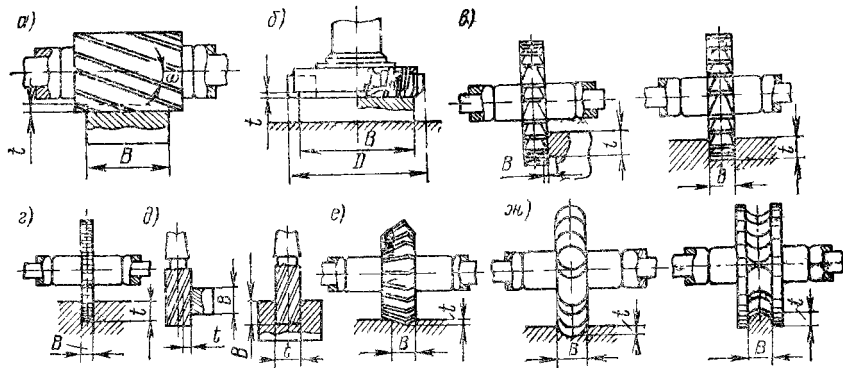


Рис IV.2.

Ширина и глубина фрезерования фрезами а — цилиндрическим, б — торцевыми, в — дисковыми г — прорезными и огрезными, д — концевыми, е — угловыми, ж — фасонными

Подачей s называется путь, пройденный заготовкой относительно фрезы (или наоборот) в единицу времени. Различают три вида подачи: на зуб, на оборот и минутную. Подача на зуб s_z (мм/зуб) — перемещение заготовки за время поворота фрезы на один зуб. Подача на оборот s_0 (мм/об) является перемещением заготовки за время поворота фрезы на один оборот. Минутная подача s_m (мм/мин) — перемещение заготовки за 1 мин. Зависимость указанных подач выражается формулами

$$s_0 = s_z z, \quad (3)$$

$$s_{11} = s_0 n = s_z z n \quad (4)$$

Глубина резания t — толщина слоя материала заготовки (мм), срезаемого за один рабочий ход.

Шириной фрезерования B называется ширина (мм) поверхности заготовки, обрабатываемой за один рабочий ход, измеренная в направлении, перпендикулярном к направлению подачи (движению заготовки).

На рис. IV 2 приведены схемы фрезерования поверхностей различными фрезами с указанием t и B для каждой из них.

Как видно из рис IV 1, а, сечение стружки (среза), снимаемой одним зубом фрезы, описывается двумя дугами контакта лезвия фрезы с поверхностью лезвия. Оно имеет форму запятой. Расстояние между этими дугами переменное — оно изменяется от значения, близкого к нулю, до некоторого максимума, близкого к s_z . Это расстояние (мм) принято называть *толщиной* срезаемого слоя (стружки) a .

Другими элементами, характеризующими срезаемый слой являются его *ширина* b (мм), которая представляет собой длину соприкосновения зуба фрезы с заготовкой и измеряется вдоль главного лезвия, в частном случае, при фрезеровании прямозубой цилиндрической фрезой $b = B$, *площадь поперечного сечения* слоя, срезаемого одним зубом, $f = ab$ (мм²), *суммарная площадь поперечного сечения среза* F (мм²), снимаемого всеми зубьями фрезы, находящимися в данный момент в контакте с заготовкой.

Для определения площади поперечного сечения среза при цилиндрическом фрезеровании необходимо знать следующие величины (рис IV 1, а) ψ_k — угол контакта фрезы — центральный угол, соответствующий дуге соприкосновения окружности фрезы с заготовкой, измеряемый в плоскости, перпендикулярной к оси фрезы; θ — центральный угол между двумя соседними зубьями фрезы,

$$\theta = 360/z \quad (5)$$

Число зубьев, одновременно находящихся в работе (контакте с материалом),

$$m = \psi_k / \theta = \psi_k z / 360. \quad (6)$$

Угол контакта находится из треугольника AOB

$$\cos \psi_1 = \frac{D/2 - t}{D/2} = 1 - 2t/D. \quad (7)$$

Угол контакта при торцевом фрезеровании

$$\sin (\psi_1/2) = \frac{B/2}{D/2} = B/D. \quad (8)$$

Максимальная толщина срезаемого материала

$$a_{\max} = s \sin \Gamma_0 \quad (9)$$

Суммарное (среднее) значение площади поперечного сечения среза $F_{\text{ср}}$ определяется в зависимости от числа зубьев одновременно находящихся в контакте,

$$F_{\text{ср}} = i_{\text{ср}} m \quad (10)$$

или от элементов резания

$$F_{\text{ср}} = B t s z / (\pi D) \quad (11)$$

Значения $F_{\text{ср}}$ используют для определения силы резания при фрезеровании

IV.2. Силы резания и мощность при фрезеровании

Силы резания. При фрезеровании каждый зуб фрезы преодолевает сопротивление резанию со стороны материала заготовки и силы трения, действующие на поверхностях зубьев фрезы. Обычно в контакте с заготовкой находится не один зуб, и поэтому фреза преодолевает некоторую суммарную силу резания, складывающуюся из сил, действующих на эти зубья. Схема действия сил резания при фрезеровании зависит от принятого способа фрезерования и типа фрезы.

Как тангенциальное (например, цилиндрической фрезой), так и радиальное (например, торцевой фрезой) фрезерование может осуществляться двумя способами: против подачи, так называемое *встречное фрезерование*, когда направление подачи противоположно направлению вращения фрезы (рис. IV.3, а), и фрезерование по подаче — *попутное фрезерование*, когда направление подачи и вращения фрезы совпадают (рис. IV.3, б).

При встречном фрезеровании нагрузка на зуб возрастает от нуля до максимума; при этом зубья фрезы, действуя на заготовку, стремятся «оторвать» ее от стола станка или приспособления, в котором она закреплена. Такое направление силы вызывает в ряде случаев (при больших припусках на обработку) упругие деформации в системе СПИД, что, в свою очередь, приводит к вибрациям и увеличению ше-

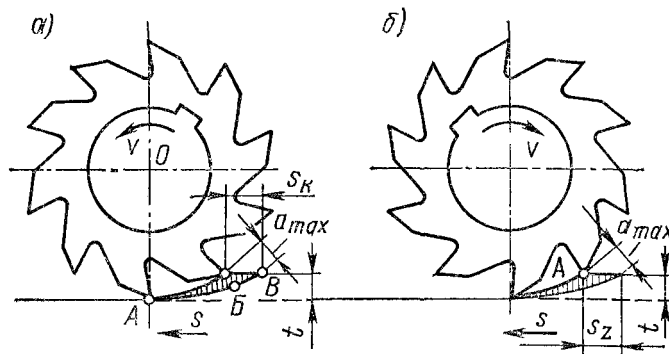


Рис. IV.3.

Схемы фрезерования: а — против подачи (встречное); б — по подаче (попутное)

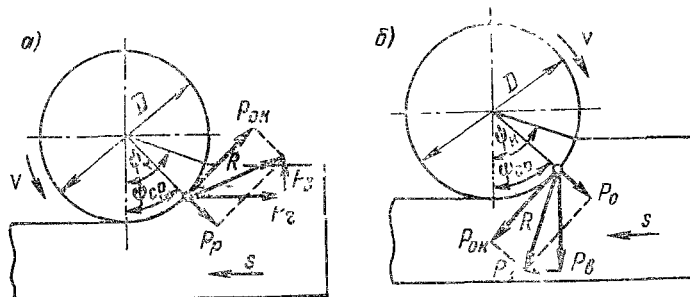


Рис. IV.4.
Схемы действия сил при встречном (а) и попутном (б) фрезеровании цилиндрическими фрезами

роховатости обработанной поверхности. Зубья фрез при этом интенсивно изнашиваются, так как в момент врезания в заготовку их задние поверхности трутся об упрочненную, уже обработанную поверхность, преодолевая значительную силу трения

Преимуществом встречного фрезерования перед попутным является работа зубьев фрезы из-под корки. Режущие лезвия в момент входа в зону хрупкого металла повышенной твердости (корки) прекращают контакт своей задней поверхностью с заготовкой в точке В (рис. IV.3, а), так как происходит скол стружки.

При попутном фрезеровании зуб врезается в материал в точке А (рис. IV.3, б), начиная работать при максимальной толщине срезаемого слоя и наибольшей нагрузке, что исключает начальное проскальзывание зуба. При попутном фрезеровании получается поверхность с меньшей шероховатостью и более высокой точностью, так как зубьями фрезы во время обработки заготовка прижимается к столу станка, что уменьшает вибрацию.

Для успешного применения попутного фрезерования необходимо беззазорное соединение ходового винта и маточной гайки стола станка.

Учитывая достоинства и недостатки рассмотренных методов, попутное фрезерование используют для предварительных и чистовых работ при отсутствии корки, на жестких станках с компенсаторами зазоров в узлах стола. Встречное фрезерование рекомендуется для предварительной обработки, и особенно при работе по корке.

Схемы действия сил при попутном и встречном фрезеровании различаются (рис. IV.4); на них показаны силы, действующие на заготовку (реакции сил, действующих на зуб). На каждый зуб фрезы, находящийся в пределах угла контакта, действует своя сила сопротивления срезаемого слоя. Каждую из этих сил можно разложить на составляющие, действующие тангенциально (по касательной) к зубьям фрезы и по радиусам фрезы. Суммарная окружная, или касательная, сила $P_{ок}$ и радиальная сила P_r имеют равнодействующую R , которую можно разложить на две силы — горизонтальную P_t и вертикальную P_v .

Окружная, или касательная, сила $P_{ок}$ ¹ имеет наиболее важное значение, так как производит основную работу резания. По значению силы $P_{ок}$ определяют мощность электродвигателя привода станка и рассчитывают на прочность валы, зубчатые колеса и другие звенья привода станка.

Радиальная сила P_r характеризует то усилие, с которым обрабатываемая заготовка стремится оттолкнуть от себя фрезу; эта сила изгибает фрезерную оправку и давит на опоры шпинделя.

Горизонтальная составляющая силы резания P_t определяет усилие, которое необходимо приложить к столу станка для осуществления рабочей подачи.

При встречном фрезеровании (рис. IV.4, а) направление горизонтальной составляющей P_t противоположно направлению движения (по стрелке s) стола. При попутном фрезеровании (рис. IV.4, б) горизонтальная составляющая P_t направлена в сторону движения стола.

¹ Касательную силу $P_{ок}$ часто называют силой резания и обозначают P_2 .

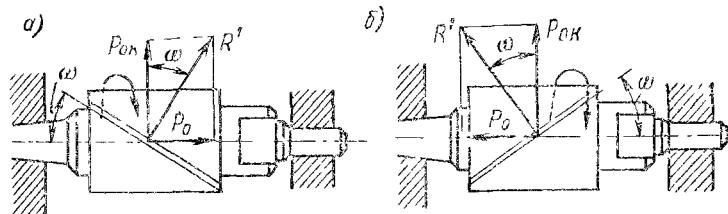


Рис. IV.5.

Схемы действия сил в спиральный зуб фрезы *a* — осевая сила направлена от шпинделя; *b* — осевая сила направлена к шпинделю

Вертикальная составляющая силы резания P_v , вектором показанная на рис. IV 4, иллюстрирует ее действия, описанные ранее, в условиях попутного и встречного фрезерования.

При фрезеровании цилиндрической фрезой с винтовыми зубьями равнодействующая силы R' составляет с осью фрезы острый угол, следовательно, появляется осевая сила P_o , направленная параллельно оси фрезы (рис IV.5, *a*). В зависимости от направления винтовых зубьев фрезы меняется и направление силы P_o . Для создания более благоприятных условий фрезерования целесообразно применять фрезу с таким направлением зуба, чтобы сила P_o была направлена к шпинделю (рис. IV.5, *b*); в противном случае осевая сила будет стремиться вытянуть фрезу с оправкой из посадочного конусного отверстия шпинделя.

Для того чтобы уравновесить действия осевых сил, иногда прибегают к использованию набора из двух фрез с правым и левым направлениями винтовых канавок между лезвиями.

При фрезеровании торцевыми фрезами действуют те же силы, что и при фрезеровании цилиндрическими.

Значение главной составляющей силы резания — окружной силы $P_{ок}$ — определяется по эмпирической, т. е. найденной опытным путем, формуле

$$P_{ок} = C_p t^x p^y s_2^z v B z_1 D^q p, \quad (12)$$

где C_p — постоянный коэффициент, зависящий от свойств обрабатываемого материала, типа фрезы и ее геометрии; x_p , y_p и q_p — показатели степени, также зависящие от механических характеристик обрабатываемого материала, типа и геометрии фрезы. Значения C_p , x_p , y_p и q_p приводятся в справочниках по выбору параметров режимов резания

Соответственно значениям действующих сил резания выбирают фрезу, оправку, способ закрепления заготовки, жесткость и мощность станка.

Значение отдельных составляющих силы резания можно определить, зная $P_{ок}$.
1 При встречном фрезеровании цилиндрическими, дисковыми, фасонными и работающими периферией концевыми фрезами:

$$P_r \approx (1,0 \div 1,2) P_{ок}; \quad P_v \approx (0,2 \div 0,3) P_{ок}; \quad P_p \approx (0,35 \div 0,4) P_{ок}.$$

2. При попутном фрезеровании:

$$P_r \approx (0,8 \div 0,9) P_{ок}; \quad P_v \approx (0,75 \div 0,8) P_{ок}; \\ P_p \approx (0,35 \div 0,4) P_{ок}.$$

3. При фрезеровании торцевыми фрезами и работающими торцом концевыми фрезами:

$$P_r \approx (0,4 \div 0,5) P_{ок}; \quad P_v \approx (0,85 \div 0,95) P_{ок}; \\ P_p \approx (0,5 \div 0,55) P_{ок}.$$

Осевая составляющая силы резания P_o для фрез с винтовыми зубьями находится из соотношения

$$P_o = 0,28 P_{ок} \operatorname{tg} \omega, \quad (13)$$

где ω — угол наклона винтовой канавки.

Для приближенных расчетов иногда пользуются значениями давления p , под которым принято понимать силу резания, приходящуюся на единицу поперечного сечения площади срезаемого слоя. Давление зависит не только от механических свойств обрабатываемого материала, но и от наибольшей толщины стружки. Для более тонких стружек давление при прочих равных условиях увеличивается и уменьшается для стружек большей толщины.

В табл. IV.1 даны значения давления резания для стали и чугуна с различными пределами прочности при растяжении σ_B в зависимости от наибольшей толщины срезаемого слоя a_{\max} , вычисленной по формуле (9).

Определив по табл. IV.1 давление, можно приближенно рассчитать окружную силу резания

$$P_{ок} \approx pF_{ср} \quad (14)$$

Мощность, расходуемая при фрезеровании. Окружная сила резания $P_{ок}$ создает *крутящий момент* на шпинделе станка (кг·мм)

$$M_{кр} = P_{ок}D/2, \quad (15)$$

где D — диаметр инструмента, мм. Мощность, расходуемая на срезание стружки, называется *эффективной* мощностью. Она равна произведению окружной силы резания $P_{ок}$ на скорость резания v . Мощность обычно выражается в киловаттах (кВт). Для определения мощности, расходуемой на фрезерование, пользуются следующей формулой:

$$N_{рез} = P_{ок}v/(60 \cdot 102). \quad (16)$$

Зная крутящий момент $M_{кр}$ фрезы и частоту ее вращения, можно определить мощность

$$N_{рез} = M_{кр}n/974\,000. \quad (17)$$

В целях обеспечения эффективной мощности на шпинделе необходимо, чтобы электродвигатель станка обладал большей мощностью, так как часть ее расходуется на трение в подшипниках, зубчатых передачах, направляющих и др.

Потери на трение характеризуются коэффициентом полезного действия станка η . Для фрезерных станков общего назначения $\eta =$

Таблица IV.1

Давление резания p при фрезеровании, МПа

Наибольшая толщина стружки a_{\max} , мм	Материал заготовки					
	Сталь			Чугун		
	$\sigma_B = 600$	$\sigma_B = 750$	$\sigma_B > 750$	мягкий, HB < 1800	средний, 1800—2000 HB	твердый, HB > 2000
	МПа					
0,02	3160—4200	5250—6350	7400—8500	2100	3050	4200
0,03	2850—3800	4750—5700	6700—7600	1840	2640	3670
0,04	2670—3560	4550—5350	6200—7100	1630	2350	3260
0,05	2560—3400	4250—5100	5960—6800	1540	2220	3080
0,06	2400—3200	4000—4800	5600—6400	1420	2050	2850
0,07	2350—3140	3920—4700	5490—6270	1350	1950	2710
0,08	2260—3020	3760—4520	5300—6040	1290	1860	2590
0,09	2180—2920	3640—4320	5100—5840	1260	1820	2530
0,10	2140—2860	3580—4280	5000—5720	1220	1750	2440
0,12	2110—2680	3370—4020	4700—5370	1150	1650	2290
0,14	1980—2620	3160—3780	4420—5050	1080	1560	2150
0,16	1870—2370	2970—3550	4150—4750	1010	1470	2020
0,18	1760—2230	2790—3320	3900—4460	950	1390	1900
0,20	1660—2190	2490—3120	3660—4200	890	1310	1780

$= 0,75 \div 0,85$. Таким образом, на полезную работу, т. е. на работу фрезерования расходуется 75—85 % мощности электродвигателя.

Для определения эффективной мощности $N_{рез}$, которую можно использовать на резание, следует мощность электродвигателя $N_{эд}$ умножить на КПД станка, т. е.

$$N_{рез} = \eta N_{эд} \quad (18)$$

Для расчета потребной мощности электродвигателя станка $N_{эд}$ по эффективной мощности необходимо эффективную мощность $N_{рез}$ разделить на КПД станка, т. е.

$$N_{эд} = N_{рез} / \eta \quad (19)$$

Равномерность фрезерования. Площадь поперечного сечения стружки при фрезеровании непостоянна. Она изменяется от значения, близкого к нулю, до некоторого максимума. Соответственно этому в таких же пределах меняется сила резания. Это, в свою очередь, вызывает неравномерность нагрузки, проявляющаяся в виде вибраций и толчков. Такие явления в процессе фрезерования разрушают режущие лезвия инструмента, способны расстронить станок и снизить срок его службы. Особенно резкие колебания силы резания наблюдаются при работе прямозубыми фрезами. Значительно более равномерным является фрезерование фрезами с винтовыми зубьями. В особых условиях фрезерование такими фрезами можно вести с постоянной площадью суммарного сечения среза, т. е. при отсутствии колебаний силы резания. Такое фрезерование называется *равномерным*.

Условие равномерного фрезерования фрезами со спиральными зубьями можно кратко выразить так: для равномерного фрезерования ширина фрезерования B должна быть равна осевому шагу фрезы или кратна ему (в целых числах). Это выражается формулой

$$B = K \pi D \operatorname{ctg} \omega / z, \quad (20)$$

где $K = 1, 2, 3$ и т. д., ω — угол наклона винтового зуба фрезы. При угле $\omega = 20^\circ$ $\operatorname{ctg} \omega = 2,75$; при $\omega = 40^\circ$ $\operatorname{ctg} \omega = 1,1$; при $\omega = 30^\circ$ $\operatorname{ctg} \omega = 1,73$; при $\omega = 45^\circ$ $\operatorname{ctg} \omega = 1$. Для заготовок различной ширины условие равномерного фрезерования не всегда может быть выполнено. В этих обстоятельствах, если принять $K = 2$ или $K = 3$, неравномерность становится относительно небольшой — изменения силы резания не превышают 20 %, что допустимо.

IV.3. Износ и стойкость фрез. Скорость резания

В процессе срезания материала с обрабатываемой заготовки на поверхностях зубьев фрезы возникает трение. На передней поверхности зуба оно является следствием скользкой по ней стружки, на задней — результатом подвижного упругого контакта с обрабатываемым материалом. Чем большее значение приобретают силы резания, отнесенные к единице работающих поверхностей зуба фрезы, тем больше затраченная при этом мощность, т. е. в данном случае путь в единицу времени — скорее — тем более значительны последствия, проявляющиеся в виде износа по передней и задней поверхности.

Износ измеряется шириной фаски износа h_a (рис. IV.6, а). Существует некоторое оптимальное (по условиям экономической целесообразности) значение $h_{a,н}$, по достижении которого дальнейшая работа должна быть прекращена и фреза направлена в переточку. Это значение соответствует нормативному износу (ордината точки B на рис. IV.6, б). В табл. IV.2 приведены значения нормативного (оптимального) износа для разных фрез в зависимости от режущих материалов, которыми они оснащены.

Наряду с критерием износа по задней поверхности (фаска $h_{a,н}$), существует оценка износа по нарушению размера, определяющего положение обработанной поверхности от технологических баз, т. е. по точности выполнения изделия. Такой износ носит название размерного износа. При точных работах в первую очередь необходимо учитывать изменение формы и размера фрезы, а потому нельзя допускать использования инструмента до появления максимально допустимого износа $h_{a,н}$. Кроме износа фрезы на точность размеров изделия оказывает влияние упругая деформация в системе СПИД, которая значительно возрастает с увеличением износа

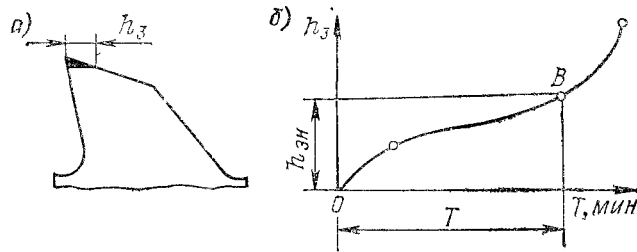


Рис. 1V.6.

Износ зубьев фрез: а — характер износа по задней поверхности; б — кривая износа

по задней грани зуба. Значение допустимого размерного износа может быть установлено только практическим путем, в конкретных условиях, а потому никаких нормативов не имеет.

Понятие «стойкость» связано с износом. Под *стойкостью* фрезы принято понимать период времени (мин), в течение которого фреза может работать без переточки. На рис 1V.6, б стойкость определяется абсциссой точки В кривой износа, соответствующей допустимому износу $h_{з.п.}$. Она равна T . Стойкость связана со скоростью резания. Чем выше скорость резания v , тем ниже стойкость T фрезы. Эта связь определяется формулой

$$v = C/T^m. \quad (21)$$

Здесь C — коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материала и условия обработки; $m = 0,15 \div 0,42$ — показатель относительной стойкости, зависящий главным образом от материала инструмента.

Вследствие малого значения m изменение скорости резания оказывает заметное влияние на стойкость. Так, если скорость резания увеличить всего лишь на 10 %, то стойкость фрезы уменьшится на 25—60 %.

В табл. 1V.3 приведены рекомендуемые периоды стойкости, согласованные со значениями оптимального износа (см. табл. 1V.2) для разных типов фрез.

Зависимость (21) является основной при определении допустимой скорости резания при фрезеровании. Однако на скорость резания помимо стойкости оказывают значительное влияние и другие факторы, которые можно расположить в таком порядке — подача, глубина резания, ширина фрезерования, условия охлаждения, шаг зубьев фрезы (число z при равных диаметрах фрезы), диаметр фрезы и др. Зависимость допустимой скорости резания от этих факторов выражается формулой

$$v = \frac{C_v D^q v_\omega^p v_{k_v}}{T^m t^x v_{s_2}^y v_B^u v_z^n v}, \quad (22)$$

где C_v — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, типа фрезы и ее материала; D — диаметр фрезы, мм; ω — угол наклона винтовой канавки фрезы, ...°; T — стойкость инструмента, мин; t — глубина резания, мм; s_2 — подача на зуб, мм; B — ширина фрезерования, мм; z — число зубьев фрезы; $q_v, p_v, x_v, y_v, u_v, n_v$ — показатели степени, зависящие от обрабатываемого материала, типа и материала фрезы, определяющие степень влияния каждого из приведенных факторов на скорость резания; k_v — общий поправочный коэффициент на скорость резания, зависящий от обрабатываемого материала, вида заготовки, состояния ее поверхности (прокат, поковка, отливка с коркой и без корки), от главного угла в плане торцевых фрез, принятого периода стойкости, условий охлаждения и т. д. Из формулы видно, что скорость резания возрастает с увеличением значений D и ω и уменьшается с увеличением значений T, t, s_2, B и z . Таблицы рекомендуемых скоростей резания даны в гл. XII.

Таблица IV

Допустимый износ по задней грани зуба фрезы

Тип фрез		Обрабатываемый материал	Марка материала режущей части инструмента	Характер обработки	Допустимый износ, мм
Торцевые	Сталь		T15K1, T15K6	Черновая Чистовая	1,0—1,2
			ВК8	Черновая Чистовая	0,8—1,0
			P18	Черновая Чистовая	1,5—2,0 0,3—0,5
	Чугун	ВК8 ВК6	Черновая Чистовая	1,5—2,0	
Дисковые	Сталь		T15K6	Черновая Чистовая	1,0—1,2
			P18	Черновая Чистовая	0,4—0,6 0,15—0,25
	Чугун	P18	Черновая Чистовая	0,4—0,6 0,15—0,25	
Цилиндрические	Сталь		T15K6	Черновая Чистовая	0,5—0,6
			P18	Черновая Чистовая	0,4—0,6 0,15—0,25
	Чугун		ВК8 ВК6	Черновая Чистовая	0,7—0,8
			P18	Черновая Чистовая	0,5—0,8 0,2—0,3
Концевые	С коронками по ГОСТ 20534—75*	Сталь	T15K6	Черновая Чистовая	0,2—0,3 0,3—0,5
	С винтовым зубом		P18	Черновая Чистовая	0,3—0,5
Пререзные и отрезные		Сталь и чугун	P18	—	0,15—0,2
Фасонные	Незатылованные	Сталь	P18	Черновая Чистовая	0,6—0,7 0,2—0,3
	Затылованные			Черновая Чистовая	0,3—0,4 0,2

Таблица IV.3

Средние значения периода стойкости фрез T
(для одноинструментальной обработки), мин

Тип фрез	Диаметр фрез, мм	Фрезы, оснащенные твердым сплавом		Фрезы из стали марки Р18		
		Сталь	Чугун	Сталь и чугун ковкий	Чугун серый	Резьбовые спавы
Торцевые	40	—	—	120	—	120
	50	—	—	150	—	150
	63	—	—	180	—	180
	80	—	120	180	—	180
	100	180	120	180	—	180
	125	180	180	180	—	180
	160	180	180	180	—	180
	200	240	180	240	—	240
	250	240	240	240	—	240
	315	300	300	—	—	—
400	420	420	—	—	—	
Цилиндрические с мелким и винтовым зубом	50	—	—	90	90	90
	63	—	—	120	120	120
	80	—	—	180	180	180
	100—125	180	180	—	—	—
Концевые	20	90	—	—	—	—
	25	90	—	60	60	60
	40	120	—	90	90	90
	50	150	—	120	120	120
Дисковые	80	—	—	120	120	120
	100	120	—	120	150	120
	125	—	—	150	150	150
	160	180	—	150	180	150
	200	240	—	150	180	150
	250	—	—	180	240	180
Прорезные и отрезные	80	—	—	60	90	60
	100	—	—	75	120	75
	160	—	—	120	180	120
	200	—	—	150	210	150
Фасонные и угловые	63	—	—	120	—	—
	80	—	—	120	—	—
	100	—	—	180	—	—

IV.4. Тепловые деформации, остаточные напряжения в заготовке и смазочно-охлаждающие жидкости

Тепловые деформации, испытываемые инструментом, заготовкой, приспособлением и самим станком, происходят вследствие выделения значительного количества теплоты в процессе резания. Источником теплоты является работа, затрачиваемая на пластические деформации материала заготовки в зоне резания, трения стружки о переднюю поверхность зуба и задней поверхности зуба инструмента о заготовку.

Основная часть теплоты переходит в стружку (примерно 80—85 % теплоты потока). Другая часть теплоты распределяется между режущим инструментом и заготовкой. Кроме этого, небольшой процент теплоты рассеивается окружающей средой. В зависимости от режима резания количество теплоты различно и возрастает с увеличением скорости резания.

При фрезеровании поверхностей, составляющих значительный процент от общей поверхности заготовки (15—25 % и более) за одну ее установку, количество теплоты, поступающей в тело заготовки, может быть относительно большим и вызвать тепловые деформации, влекущие нарушения требуемой точности, особенно в таких технических требованиях, как прямолинейность, плоскостность, параллельность и т. п. Для предотвращения нарушения точности применяют смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), отводящие теплоту из зоны резания.

Остаточные напряжения — это те внутренние напряжения (см. гл. I), которые сохраняются в заготовке при отсутствии внешних сил. Остаточные напряжения либо возникают в заготовках в процессе их изготовления как полуфабрикатов (поковка, штамповка, отливка), либо «приходят» в них с металлом — прокатом. За некоторый период времени после возникновения остаточные напряжения в исходных заготовках уравниваются, т. е. не проявляются в виде их коробления, изогнутости, нарушения формы и т. п.

При механической обработке, когда с заготовки в виде припуска удалится часть металла, происходит перераспределение внутренних напряжений, и их временное равновесие нарушается. Освобожденные, ранее уравновешенные силы деформируют заготовку (изделие), причем не сразу, а постепенно за некоторый относительно продолжительный период времени. При этом изменение формы может быть таким значительным, что сделает изделие вовсе недоброкачественным.

Сам процесс механической обработки резанием также служит источником (не столь существенным по значению) остаточных напряжений, которые возникают в процессе пластических деформаций поверхностного слоя и в результате нагрева в зоне резания.

Мерой устранения вредных последствий остаточных напряжений служит разделение обработки резанием на несколько этапов. На первом этапе выполняется черновая (предварительная) обработка фрезерованием, удаляющая наибольшую часть припуска с поверхностей заготовки. Затем заготовка подвергается полировочной обработке по тем же поверхностям, и заканчивают изготовление изделия чистовой, окончательной обработкой. Такой порядок обработки может быть рекомендован и в тех случаях, когда в процессе фрезерования за одну операцию могут и не возник-

Таблица IV.4

Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), рекомендуемые для фрезерования

Область применения СОЖ	Характеристика СОЖ	
	Марка	Состав
Фрезерование углеродистых и легированных сталей, серых чугунов и алюминиевых сплавов	Укриол-1; НГЛ-20б, ЭТ-2	—
Фрезерование легированных и труднообрабатываемых сталей	СДМУ-2 ЛЗ-СОЖ 2СО; ЛЗ-СОЖ 2СИО МР-1	Эмульсия, содержащая дисульфид молибдена Масла, содержащие присадку глина ЛЗ-2600 Масла с проавиозпосными присадками
Фрезерование титановых сплавов, жаропрочных сталей и сплавов	РЗ-СОЖs В-29б; В-32к, В-35	Эмульсия с добавкой мода Масла, содержащие серу, хлор и фосфорорганические соединения
Фрезерование и развертывание алюминиевых сплавов	В-31 ОСМ-3	Масла с добавкой серы, хлора и фосфорорганических соединений Масла с добавкой хлора и фосфора

нута сколько-нибудь существенных остаточных напряжений, но к детали предъявляются высокие технические требования.

Для уменьшения износа фрезы также прибегают к использованию СОЖ в процессе резания. Это продиктовано необходимостью снижения температурных деформаций для зубьев фрезы и обрабатываемой заготовки, а также уменьшения трения между зубом фрезы, стружкой и заготовкой.

В табл. IV 4 приведены рекомендации по применению СОЖ для различных условий фрезерования. Существенное влияние оказывает и способ подачи охлаждающей жидкости к обрабатывающей фрезе. Наиболее распространен способ подачи свободным поливом, но он одновременно и наименее эффективен. Хорошие результаты получаются при подаче жидкости в распыленном виде под давлением [(15—20) 10⁵ Па] со стороны задней поверхности зубьев. При попадании СОЖ на раскаленный инструмент происходит интенсивное парообразование и отвод тепла существенно улучшается. Стойкость фрезы повышается в ряде случаев в 2—3 раза. Однако испарения СОЖ вредны при их вдыхании. Меры защиты человека являются использование фрезеровщиком респиратора; экранирование зоны обработки и создание путем ее вентилирования небольшого понижения в ней давления по сравнению с окружающим пространством.

V.1. Основные элементы, классификация и назначение фрез

Геометрию фрезы составляют взаимное положение рабочих поверхностей зубьев и их форма. Основные элементы фрезы — лезвия, поверхности зубьев и углы между ними — обозначены на рис. V 1

Передней поверхностью 2 называется поверхность, по которой сходит стружка. Задняя поверхность 3 обращена (в процессе резания) к обработанной поверхности заготовки 6. Пересечение передней и задней поверхностей образует лезвие 1 зуба фрезы. Узкая поверхность 4 вдоль лезвия со стороны задней поверхности называется ленточкой. Ширина ленточки обычно не более 0,1—0,2 мм. Поверхность 8 называется спинкой зуба.

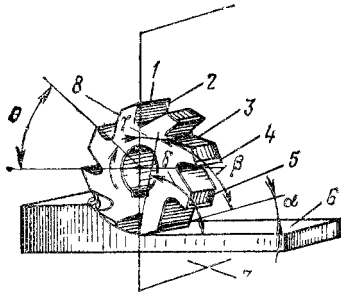


Рис. V.1.
Элементы геометрии прямозубой цилиндрической фрезы

Передняя поверхность 2 образует с диаметальной плоскостью 7 фрезы передний угол γ . Задняя поверхность 3, 5 образует с плоскостью 6, перпендикулярной к диаметральной плоскости 7, задний угол α .

Передняя и задняя поверхности образуют в пересечении угол заострения β . Передняя поверхность 2 зуба с обработанной поверхностью 6 заготовки образуют угол резания δ . Число зубьев фрезы z характеризует величину углового шага зубьев $\theta = 360/z$.

По форме зубьев различают фрезы с остроконечными и затылованными зубьями. Применяются три типа остроконечных зубьев фрез.

1) с прямой спинкой (рис V.2, а) — для мелкозубых фрез, допускающих шесть—восемь переточек и предназначенных для легких работ; 2) с ломаной спинкой (рис V.2, б) — для фрез с крупными зубьями, работающих в тяжелых условиях; 3) с криволинейной спинкой (рис V.2, в), имеющей очертание, близкое к параболе. Прочность зуба 3-го типа значительно повышена по сравнению с зубом 1-го типа и несколько менее по сравнению с зубом 2-го типа. Это позволило увеличить высоту зуба и тем самым — объем стружечной канавки, а следовательно, и число возможных переточек.

Фрезы с затылованными зубьями (рис. V.2, г) применяются для обработки фасонных поверхностей, таких, например, как поверхности зубьев шестерен, шлицевых валиков и т. д. Эти фрезы имеют заднюю поверхность и спинку зуба, выполненную в форме архимедовой спирали, угол подъема которой образует задний угол α зуба. Угол α измеряется между касательной к окружности и касательной к спирали, проведенным из вершины зуба. Затылованные фрезы затачиваются по передним поверхностям зубьев, при этом после переточек профиль лезвия в радиальном сечении сохраняется неизменным до полного использования фрезы.

По направлению зубьев различают фрезы с прямыми зубьями, лезвия которых параллельны оси вращения, и с винтовыми зубьями, лезвия которых винтообразны относительно ее. Изготавливаются фрезы как с правыми, так и с левыми винтовыми канавками.

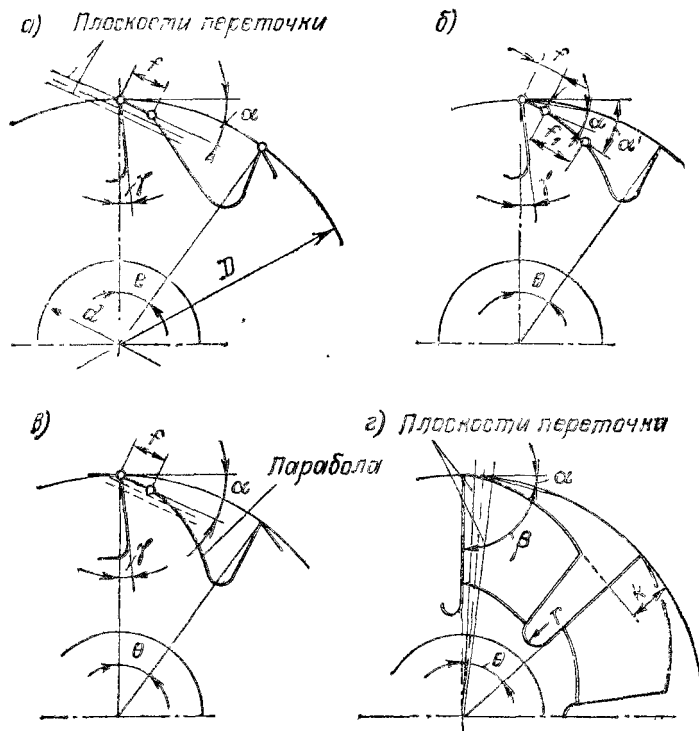


Рис. V.2.

Формы остроконечных и затылованных зубьев фрез

Геометрия цилиндрических фрез. На рис. V.3 показаны элементы цилиндрической фрезы с винтовыми зубьями: передняя поверхность 1, задняя поверхность 4, ленточка 3 (шириной 0,05—0,1 мм), поверхность спинки (затылованная) 5, лезвие 2. Угол, образованный лезвием с осью фрезы, называется углом наклона винтовой канавки, или углом наклона спирали или углом наклона зубьев и обозначается ω . Задний угол α (рис. V.3, б) измеряется в плоскости, перпендикулярной к оси фрезы, т. е. в плоскости ее торца. Нормальный задний угол α_n измеряется в плоскости, перпендикулярной к лезвию. Передний угол γ измеряется в плоскости, перпендикулярной к лезвию. Поперечный передний угол γ' измеряется в плоскости, перпендикулярной к оси фрезы.

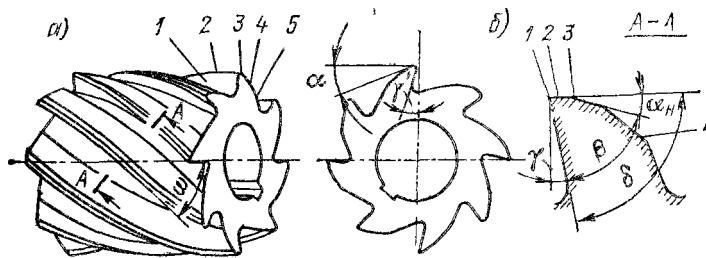


Рис. V.3

Элементы и геометрия цилиндрической фрезы с винтовыми зубьями

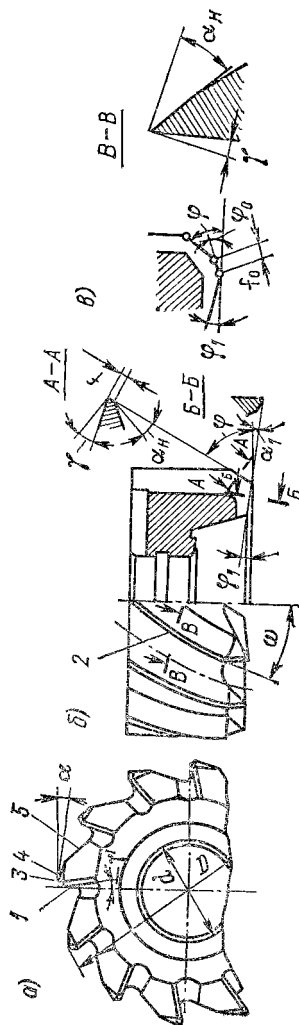


Рис. V.4. Элементы и геометрия торцевой фрезы с винтовыми зубьями

Геометрия торцевых фрез. Рабочая часть фрезы имеет главные и вспомогательные лезвия. Главные лезвия образуют наружную цилиндрическую форму, переходящую у торца в коническую, вспомогательные — торцевую сторону фрезы.

Элементы зуба с главным лезвием (рис. V.4, а) подобны элементам цилиндрической фрезы (см рис. V.3): передняя поверхность 1, задняя поверхность 4, ленточка 3, спинка 5, винтовые лезвия 2, задний угол α , поперечный передний угол γ' , задний нормальный угол α_n , передний угол γ , угол наклона винтообразного лезвия ω .

Элементы зуба с вспомогательным лезвием с торцевой стороны фрезы показаны на рис. V.4, б. Здесь передний угол тождественен углу наклона винтообразного лезвия на цилиндрической части фрезы, который иногда применительно к торцевым фрезам называют *продольным передним углом*. Задний угол α_1 зуба на вспомогательном лезвии показан в сечении B—B, его называют *торцевым задним углом*.

Главные лезвия торцевой фрезы соединены с вспомогательными лезвиями (переходными участками), которые образованы вершинами зубьев, составляющих наружную коническую форму, заканчивающую цилиндрическую часть фрезы. Угол, под которым этот участок лезвия расположен по отношению к цилиндрическому участку главного лезвия, называется *главным углом в плане* ϕ . Обычно ϕ равен $45-60^\circ$.

В целях уменьшения трения торцевых зубьев их лезвия расположены под углом ϕ_1 , называемым *вспомогательным углом в плане*. Помимо углов ϕ и ϕ_1 имеется еще угол ϕ_0 , называемый *углом в плане переходного лезвия*. Угол ϕ_0 образован фаской в местах соединений главных лезвий с вспомогательными лезвиями (рис. V.4, в). Ширина фаски f_0 составляет 1,5—2 мм и может заменяться закруглением места соединения лезвий. Такое сглаживание угла соединения делается с целью уменьшения шероховатости обработанной поверхности и увеличения стойкости фрезы.

На рис. V.5 показано влияние формы зуба и подачи на шероховатость поверхности при фрезеровании торцевой фрезой. Если фрезерование ведется фрезой без фаски f_0 (рис. V.5, а), то высота неровностей h_a увеличивается пропорционально увеличению угла ϕ_1 и подачи s_2 . При фрезеровании фрезой с фаской f_0 или закруглением с радиусом R (рис. V.5, б) высота неровностей h_b относительно уменьшается; при том тем более, чем шире фаска f_0 или больше радиус закругления R . Для фрез с закругленными зубьями высота неровностей

$$h = s_2^2 / 8r.$$

Способы контроля геометрических параметров фрез приведены в табл. VII.6.

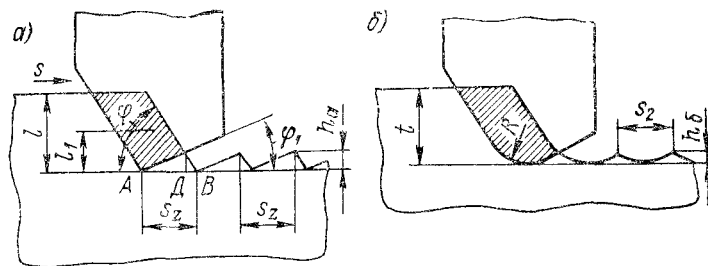


Рис. V.5.
Влияние формы лезвия фрезы на шероховатость поверхности

Материалы для режущих частей фрез описаны в п. I.6.

Режущие инструменты, и в их числе фрезы все больше оснащаются твердыми сплавами применяемыми в виде пластин готовых форм. Такие пластины механически закрепляются на корпусах фрез.

Режущие твердосплавные пластины классифицируются по форме, заднему углу, степени точности и другим конструктивным особенностям. Основные размеры пластин и их характеристики с условными обозначениями установлены ГОСТ 19042—73. Наибольшее применение для фрез имеют пластины круглой, квадратной и пятигранной форм.

Фрезы с пластинами твердого сплава имеют в 1,5—2 раза более высокую стойкость, позволяют на 20—25 % сократить затраты времени резания, число фрез, обращающихся в производстве, по сравнению с обычными фрезами из быстрорежущих и инструментальных сталей.

Многообразие конструкций фрез, применяемых в производстве, вызывает необходимость классифицировать их по ряду признаков.

По материалу режущей части фрезы делятся на углеродистые, быстрорежущие и твердосплавные.

По форме режущих зубьев различают фрезы с остроконечными и затылованными зубьями (см. рис. V.2).

По направлению режущих зубьев фрезы подразделяются на прямозубые с винтовыми (см. рис. V.3) или спиральными зубьями.

По своему назначению (характеру выполняемых работ) и расположению лезвий фрезы разделяются на цилиндрические (рис. V.6, а) и торцевые (рис. V.6, б), применяемые для обработки плоскостей; дисковые двусторонние (рис. V.6, в) для фрезерования уступов и дисковые трехсторонние для фрезерования пазов (рис. V.6, г); прорезные (рис. V.6, д) и концевые (рис. V.6, е), используемые для обработки небольших по размеру плоскостей, пазов, уступов, поверхностей криволинейных контуров у изделий плоских форм и др.; угловые (рис. V.6, ж) для обработки угловых пазов и канавок и фасонные (рис. V.6, з) для обработки фасонных поверхностей.

По способу закрепления на станке фрезы разделяются на посадные, насаживаемые на оправку, и концевые, закрепляемые хвостовиком.

По конструкции фрезы разделяются на цельные, зубья которых выполнены заодно с корпусом; сборные — со вставными зубьями (в виде ножей или непосредственно режущих пластин); составные, например составленные из двух половин и прокладки между ними для восстановления первоначальной длины фрезы после переточки.

По размерам и числу зубьев различают фрезы с мелкими и крупными зубьями. Мелкозубыми принято называть фрезы, число зубьев z которых больше $1,5\sqrt{D}$, а крупнозубыми называют фрезы, число зубьев z которых меньше $1,5\sqrt{D}$, где D — диаметр фрезы, мм. К крупнозубым фрезам относят фрезы со вставными ножами и применяют их для чернового и получистового фрезерования. Мелкозубые фрезы используют для чистового и отделочного фрезерования.

Числа зубьев для мелко- и крупнозубых фрез каждого типа в зависимости от их диаметра установлены государственными стандартами.

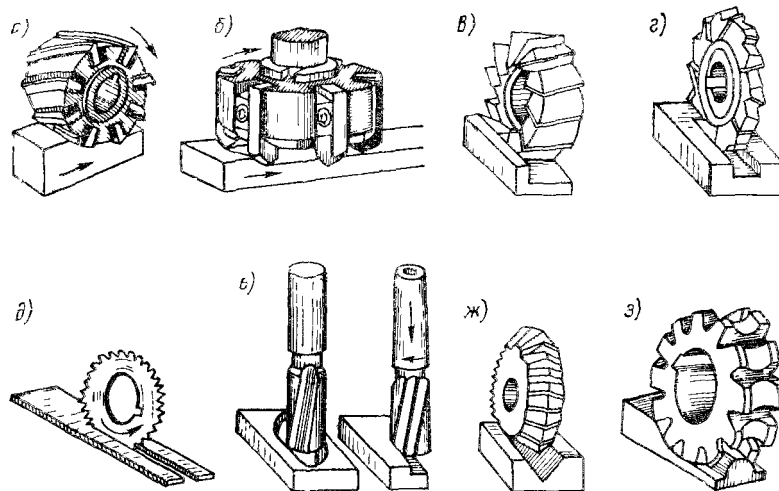


Рис. V.6.

Типы фрез и обрабатываемые ими характерные формы поверхностей

В некоторых случаях целесообразно применять одно- и двузубые фрезы, т. е. сборные фрезы, в корпусе которых закреплены один или два диаметрально расположенных зуба. Такие фрезы, называемые иногда легучими, обычно используют для обработки единичных деталей фасонного профиля, а также для фрезерования некоторых цветных металлов и легких сплавов. Широко используются фрезы-легучки в условиях ремонтного производства.

Значения диаметров и ширины фрез нормализованы. Они образуют геометрический ряд со знаменателем прогрессии $\phi = 1,26$. Наружные диаметры стандартных фрез принимаются равными 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 100, 125, 160, 200, 250 мм и т. д. до 630 мм. Нормальная ширина цилиндрических фрез составляет ряд с размерами 50, 63, 100, 125 мм. В отверстиях фрез предусмотрены продольный шпоночный паз для передачи крутящего момента от шпинделя с помощью шпонки и внутренняя выточка (во фрезах шириной больше 24 мм).

Хвостовики концевых фрез диаметром меньше 20 мм изготавливают цилиндрическими; у фрез большего диаметра хвостовики выполняют с конусом Морзе или метрическим, стандартизированным по ГОСТ 24644—81.

V.2. Цилиндрические и дисковые фрезы

Цилиндрические фрезы применяются на горизонтально-фрезерных станках для обработки плоскостей с шириной фрезерования $B \leq L - 10$ мм, где L — длина фрезы.

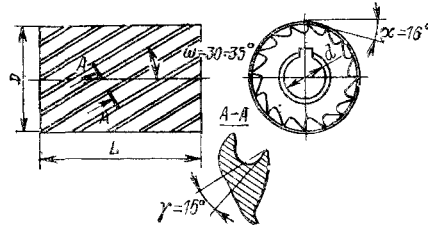
Цельные цилиндрические фрезы изготавливаются из быстрорежущей стали марок P9, P18 и P6M5 двух типов — с мелкими и крупными зубьями (табл. V.1). В целях борьбы с вибрациями на лезвиях зубьев выполняются стружкоразделительные канавки. Повышению виброустойчивости способствует и применение фрез с неравномерным угловым шагом зубьев.

Сборные цилиндрические фрезы выполняются как с пластинками из быстрорежущей стали, так и с напаянными твердосплавными пластинками.

Цилиндрические фрезы ненормализованных конструкций. Некоторые новаторы производства в целях улучшения условий отвода стружки прибегают к работе крупнозубыми фрезами с большим углом ω и, следовательно, с большим пространством для размещения стружки. Во избежание возможной при этом неравномерности прибегают к увеличению угла ω .

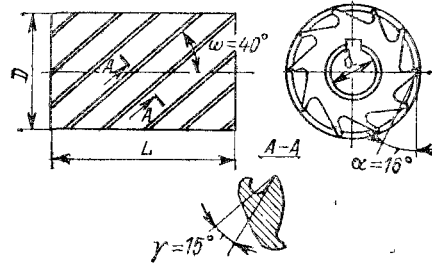
Цилиндрические фрезы, конструкции и размеры (мм)

Фрезы цилиндрические
 А. Фрезы цилиндрические из быстрорежущей стали (ГОСТ 3752-71*)
 Тип 1 — фрезы цилиндрические с мелким зубом



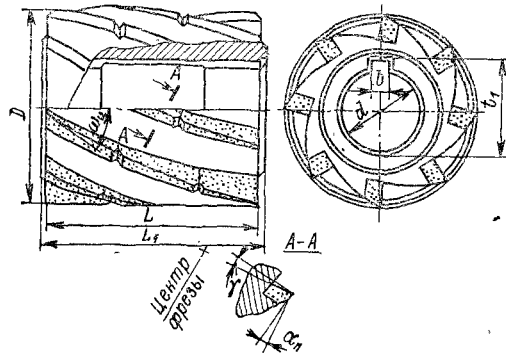
L	d	z	Обозначение фрез	
			праворежущих	леворежущих
50 63 80	27	12	2200-0133	2200-0133
			2200-0134	2200-0140
			2200-0141	2200-0142
50 63 80 100	27	14	2200-0143	2200-0144
			2200-0145	2200-0146
			2200-0147	2200-0148
			2200-0149	2200-0150
63 80 100 125	32	16	2200-0151	2200-0152
			2200-0153	2200-0154
			2200-0155	2200-0156
			2200-0157	2200-0158

Тип 2 — фрезы цилиндрические с крупным зубом



D	L	d	z	Обозначение фрез	
				праворежущих	леворежущих
80	63 80 100 125	32	10	2200-0195	2200-0196
				2200-0197	2200-0198
				2200-0199	2200-0200
				2200-0201	2200-0202
100	80 100 125 160	40	12	2200-0203	2200-0204
				2200-0205	2200-0206
				2200-0207	2200-0208
				2200-0209	2200-0210

Б. Фрезы цилиндрические, оснащенные винтовыми пластинками твердосплавными (ГОСТ 8721-69*)



D	L	z	Угол наклона зубьев фрезы α , ... °	Номер пластинок (ГОСТ 2209-69*)		Обозначение фрез	
				длинных	коротких	праворежущих	леворежущих
63	4F	8	24	3643	3645	2200-0101	2200-0112
	70					2200-0102	2200-0113
	96					2200-0103	2200-0114
80	45	8	30	3643	3645	2200-0104	2200-0115
	70					2200-0105	2200-0116
	96					2200-0106	2200-0117
100	45	10	30	3647	3649	2200-0107	2200-0118
	72					2200-0108	2200-0119
	100					2200-0109	2200-0120
125	70	12	36	3647	3649	2200-0110	2200-0121
	100					2200-0111	2200-0122

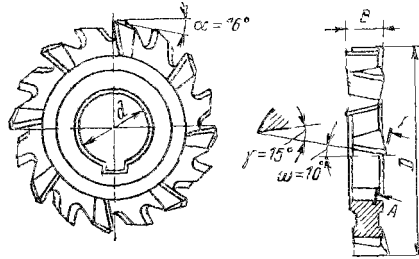
Таблица V.2

Дисковые фрезы, конструкции и размеры, мм

Фрезы дисковые двухсторонние со вставными ножами, оснащенными твердосплавными пластинками (ГОСТ 6469—69*)

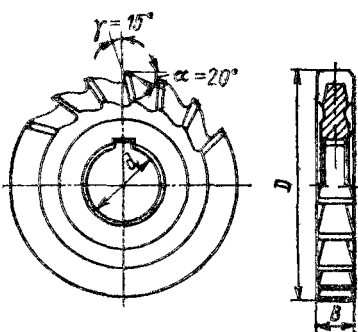
D	z				B	Число ножей z	Обозначение фрез	
	Ряд						праворежущих	леворежущих
	I	II	I	II				
100	—	—	32	27	18	8	2245-0001 2245-0003	2245-0002 2245-0004
125	—	—	40	32	20	10	2245-0005 2245-0007	2245-0006 2245-0008
160	—	—	50	40	22	12	2245-0009 2245-0011	2245-0010 2245-0012
—	180	—	50	40	25	14	2245-0013 2245-0015	2245-0014 2245-0016
200	—	—	60	50			2245-0017 2245-0019	2245-0018 2245-0020
—	224	—	60	50	28	16	2245-0021 2245-0023	2245-0022 2245-0024
250	—	—	60	50		18	2245-0025 2245-0027	2245-0026 2245-0028
315	—	—	60	50	32	20	2245-0029 2245-0031	2245-0030 2245-0032

Фрезы дисковые
трехсторонние с разнонаправленными зубьями (ГОСТ 9474-73)



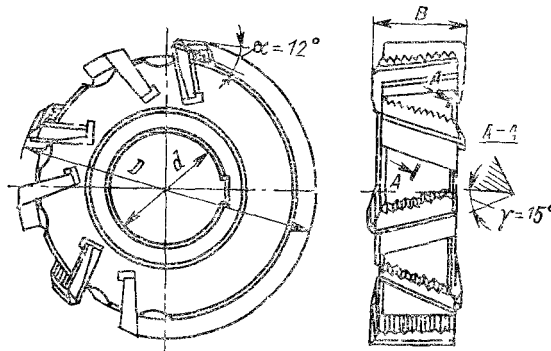
D	B	d	z		Обозначение	
			Исполнение		1	2
			1	2		
63	6	22	16	12	2240-0101	2240-0151
	8				2240-0102	2240-0152
	10				2240-0103	2240-0153
	12				2240-0104	2240-0154
	14				2240-0251	2240-0259
80	16	27	18	14	2240-0252	2240-0261
	8				2240-0105	2240-0155
	10				2240-0106	2240-0156
	12				2240-0107	2240-0157
	14				2240-0108	2240-0158
	16				2240-0109	2240-0159
	18				2240-0253	2240-0262
20	2240-0254	2240-0263				
100	10	32	20	14	2240-0110	2240-0160
	12				2240-0111	2240-0161
	14				2240-0112	2240-0162
	16				2240-0113	2240-0163
	18				2240-0114	2240-0164
	20				2240-0115	2240-0165
	22				2240-0255	2240-0264
	25				2240-0256	2240-0265
125	12	32	22	18	2240-0116	2240-0166
	14				2240-0117	2240-0167
	16				2240-0118	2240-0168
	18				2240-0119	2240-0169
	20				2240-0120	2240-0170
	22				2240-0121	2240-0171
	25				2240-0257	2240-0266
	28				2240-0258	2240-0267

Фрезы дисковые
трехсторонние из быстрорежущей стали (Г. СТ 3755-78*)



D	d	B	z	Обозначение	
				Исполнение 1 об-щего назначения	Исполнение 2 для шпоночных пазов
50	16	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	14	От 2240-0351 до 2240-0477	От 2240-0352 до 2240-0478
65	22	4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 16	16		
80	27	10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25	18		
100	32	8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28	20		
125	32	8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28	22		

Фрезы дисковые трехсторонние
со вставками из быстрорежущей стали (ГОСТ 1669—78*)



D			B	z	Сбозначение
Рчт					
I	II				
50	—	2	17	12	2241-0151
			15, 20, 25	16	2241-0153 2241-0157 2241-0157
100	—	2	14, 18	12	2241-0158 2241-0159
			22, 28	10	2241-0160 2241-0161
125	—	32	12 16	16 14	2241-0162 2241-0163
			20, 25	12	2241-0164 2241-0165
			32	10	2241-0166
160	—	40	14	20	2241-0167
			18, 22	18	2241-0168 2241-0169
250	—	50	18	26	2241-0188
			22, 28	24	2241-0189 2241-0190
			35, 45	20	2241-0191 2241-0192

Продолжение табл. V 2

D		d	B	z	Обозначение	
Ряд						
I	II					
160	—	40	28, 36	16	2241-0170 2241-0171	
—	180		20	12	19	2241-0172
			12	10, 20, 25	20	2241-0152
			10, 20, 25	18	2241-0173 2241-0174 2241-0175	
			22	16	2241-0176	
200	—	50	16, 20, 27	20	2241-0178 2241-0179 2241-0180	
			32	18	2241-0181	
			40	16	2241-0182	
—	224	50	14	24	2241-018	
			18, 22	22	2241-0184 2241-0185	
			28	20	2241-0186	
			36	18	2241-0187	
315	—	50	26	30	2241-0193	
			25, 32	28	2241-0194 2241-0195	
			40	26	2241-0196	
			50	22	2241-0197	

Фрезы дисковые
трехсторонние со вставными ножами, оснащенными твердосплавными пластинками
(ГОСТ 5343-69*)

D	B	d	z	Обозначение
100	14, 18, 22	32	8	2241-0001—2241-0006
125	12, 16, 20, 25	40	10	2241-0007—2241-0014
160	14, 18, 22, 28	50	12	2241-0015—2241-0022
200	12, 16, 20, 25, 32	60	14	2241-0033—2241-0042
250	14, 18, 22, 28	60	18	2241-0053—2241-0060
250	36	60	16	2241-0061—2241-0062
315	16, 20, 25, 32, 40	60	20	2241-0063—2241-0072

На рис. V.7 изображена трехзубая цилиндрическая фреза с углом $\omega = 75^\circ$. Здесь пространство для размещения стружки достаточно большое. Затылочные поверхности зубьев округлены и тщательно заполированы. Фреза успешно применяется при обработке вязких жаропрочных сталей и сплавов, а также титана.

Дисковые фрезы используются преимущественно на горизонтально-фрезерных станках для обработки заготовок плоских форм с одной или одновременно с двух боковых сторон, для обработки прямоугольных уступов (двусторонние), а также пазов (трехсторонние фрезы). Типы и размеры дисковых фрез приведены в табл. V.2.

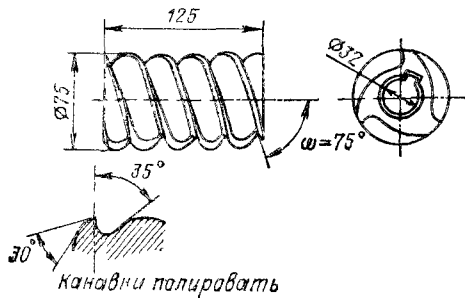


Рис. V.7.

Цилиндрическая трехзубая фреза с винтовыми канавками, имеющими полированную поверхность

V.3. Торцевые и концевые фрезы

Торцевые фрезы. Применяются для фрезерования плоскостей, расположенных под прямым углом к оси фрезы. Торцевые фрезы обеспечивают при обработке больших открытых плоскостей более высокую производительность процесса, чем цилиндрические фрезы.

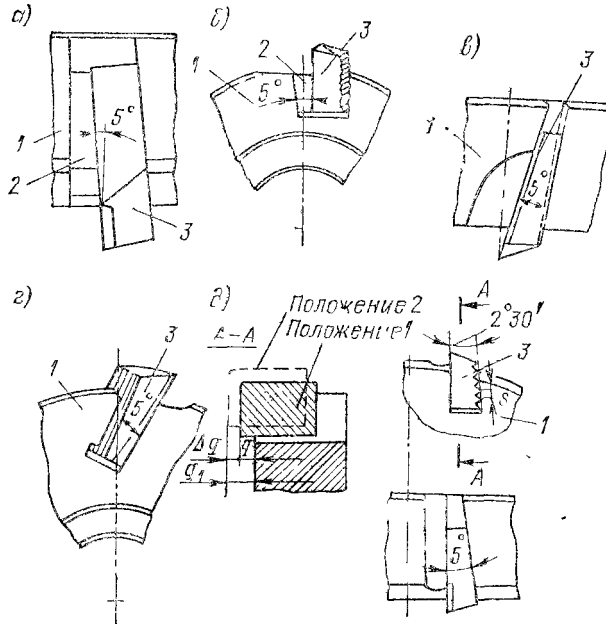


Рис. V.8.
Способы крепления вставных ножей торцевых и дисковых двух- и трехсторонних фрез

По сравнению с цилиндрическими фрезами торцевые фрезы имеют следующие преимущества: более жесткое крепление на консольной оправке или непосредственно на шпинделе станка; более надежное крепление вставных ножей, что дает возможность чаще изготавливать такие фрезы сборными; более плавную работу, так как угол контакта зависит не от припуска на обработку, а от ширины фрезерования и диаметра фрезы.

Цельные торцевые быстрорежущие фрезы (из стали марок P6M5, P18, режс из P9) применяются лишь с размером диаметра до 100 мм. При больших диаметрах в целях экономии дорогостоящих инструментальных материалов используются сборные торцевые фрезы с ножами из быстрорежущей стали или с пластинами из твердых сплавов.

На рис. V.8, а показано наиболее простое крепление вставного ножа 3 в корпус 1 фрезы при помощи гладкого клина 2. Для регулирования ножа по высоте в некоторых конструкциях фрез с таким креплением предусмотрено перемещение ножа в корпусе при помощи винта. Надежность крепления гладким клином достигается за счет плотного соприкосновения сопряженных поверхностей ножа, клина и паза в корпусе. Как видно из рисунка, клин здесь расположен в осевом направлении. Такое расположение предпочтительно.

Значительно большее распространение получило клиновое крепление ножа с рифлениями (рис. V.8, б). Здесь клин расположен радиально. Он расклинивает нож 3 и корпус 1, на опорной поверхности которого имеются такие же рифления, как и на ноже. Регулирование положения зубьев в этом случае осуществляется проще, чем в предыдущем, — перестановкой ножа на одно или несколько делений рифления.

На рис. V.8, в и г изображены способы крепления ножей при помощи рифленых клиньев — ножей 3. Здесь сами ножи имеют клиновую форму и одновременно — рифления. Так же и пазы в корпусе 1 фрезы выполнены с соответствующим уклоном и имеют рифления. На рис. V.8, в показано рифельно-клиновое крепление ножа 3, расположенного в осевом, а на рис. V.8, г — в радиальном направлении в корпусе 1.

Недостатком фрез, в которых крепление ножей выполнено по рис. V.8, б и д (в радиальном направлении), является невозможность выдвижения ножа по оси

фрезы, что снижает число возможных переточек. Этот недостаток может быть устранен применением осевых рифлений, что вызывает необходимость обеспечения наклона ножа в корпусе фрезы в двух направлениях.

На рис. V.8, *б* показано крепление ножей, имеющих двойной наклон в корпусе фрезы. Одна сторона ножа 3 плоская, а на другой стороне (параллельной осевой) наклон 5° и радиальный (поперечный) наклон $2^\circ 30'$, нанесены продольные рифли, входящие в рифления паза корпуса 1, выполненные с такими же двумя наклонами. Такая конструкция при перестачовке зуба обеспечивает восстановление размеров как по диаметру, так и по торцу.

Конструкция и размеры торцевых и концевых фрез приведены в табл. V.3 и V.4.

В настоящее время широко используются торцевые фрезы, оснащенные цельнотвердосплавными перестачиваемыми пластинками пятигранной и круглой формы.

Концевые фрезы. Применяются для обработки пазов, различных выемок, уступов, взаимно перпендикулярных плоскостей, для фрезерования криволинейных контуров и пр. Изготавливаются концевые фрезы как из быстрорежущих сталей, так и с твердосплавными пластинками и коронками (табл. V.4). Получают распространение и монокристаллические (цельные) твердосплавные фрезы. В целях улучшения условий отвода стружки при резании вязких металлов стремятся к применению крупнозубых фрез, имеющих угол наклона спиральной канавки $\omega = 45^\circ$. Вибростойкость концевых фрез повышается в случае выполнения их с неравномерным окружным шагом.

В связи с расширением применения изделий, изготавливаемых из труднообрабатываемых сталей и сплавов (с твердостью $HV > 2500$ и пределом прочности $\sigma_b \geq 900 \text{ МПа}$), производятся в централизованном порядке (в соответствии с ГОСТ 18934—73, ГОСТ 18949—73*) фасонные концевые цельнотвердосплавные фрезы. Эти фрезы используются при обработке чеканочных штампов, пресс-форм фильер, пуансонов и матриц обрезающих штампов и других изделий.

К особой группе концевых фрез принадлежат шпоночные концевые фрезы, их отличает минимальное число зубьев — два и наличие торцевых зубьев, лезвия которых обеспечивают резание по всей торцевой поверхности. Конструкции и размеры концевых фрез приведены в табл. V.4.

При обработке внутренних полостей на копировально-фрезерных или объемно-фрезерных станках с ЧПУ, в зоне перехода концевой цилиндрической фрезы с донной поверхностью на вертикальную поверхность стенки

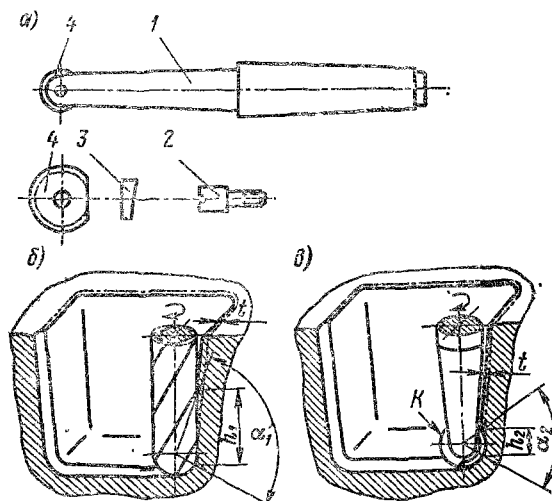


Рис. V.9.

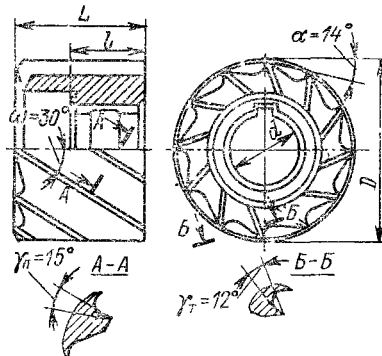
Концевая сборная двухзубая фреза

возникает снятие очень широкой стружки, вследствие чего возбуждаются колебания (вибрация). Предотвращение их требует значительного снижения режима резания, а следовательно, и производительности. В целях устранения этих явлений рекомендуется применять фрезы, показанные на рис. V.9, *а*. Пластика 4 из быстрорежущей стали или твердого сплава закрепляется в пазу корпуса 1 центральным винтом 2 и клином 3. Из рис. V.9, *б* видно изменение условий обработки за счет значительного уменьшения участка h_2 .

Фрезы нестандартизированы, они разработаны заводом, выпускающим копировально-фрезерные станки с ЧПУ.

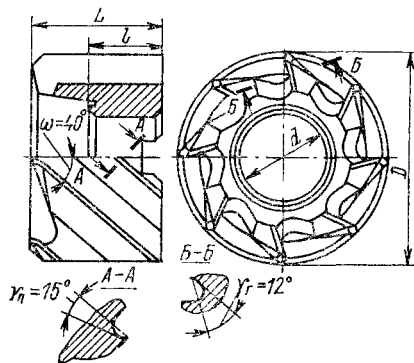
Торцевые фрезы, конструкции и размеры, мм

Фрезы торцевые насечные из быстрорежущей стали (ГОСТ 9304-69*, СТ СЭВ 1175-78) для обработки стали и чугуна
 Тип 1 — фрезы мелкозубые с креплением на продольной и на торцевой шпонке (на эскизе не показаны)



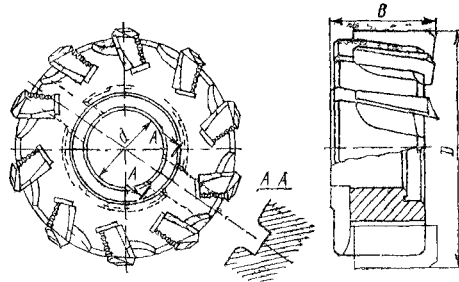
D	d	L	l	z	Обозначение фрез	
					праворежущих	леворежущих
<i>С креплением на продольной шпонке</i>						
40	16	32	18	10	2210-0061	2210-0062
50	22	36	20	12	2210-0063	2210-0064
<i>С креплением на торцевой шпонке</i>						
63	27	40	22	14	2210-0071	2210-0072
80	32	45	25	16	2210-0073	2210-0074
100	32	50	28	18	2210-0075	2210-0076

Тип 2 — фрезы с крупным зубом



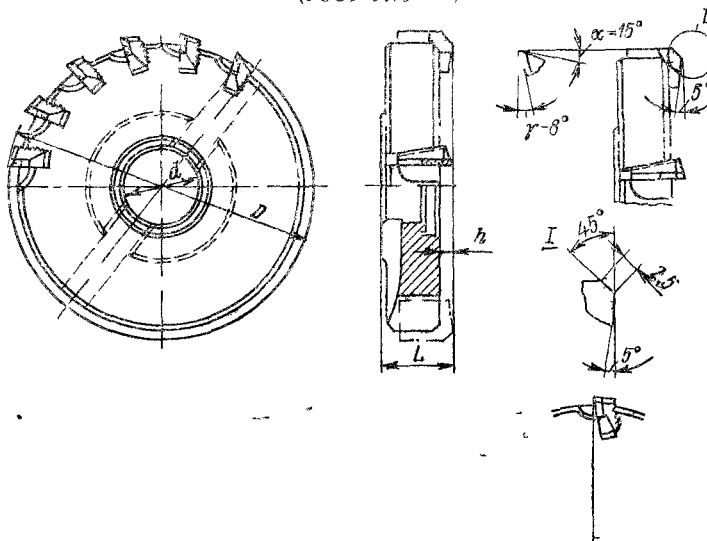
D	d	L	l	z	Обозначение фрез	
					праворежущих	леворежущих
63	27	40	22	8	2210-0081	2210-0082
80	32	45	25	10	2210-0083	2210-0084
100		50	28	12	2210-0085	2210-0086

Фрезы торцевые насадные со вставными ножами из быстрорежущей стали диаметром 100—250 мм (ГОСТ 1092—80, СТ СЭВ 200—75)



D	r	R	Число ножей z	Углы фрез		Обозначение фрез	
				γ	φ_{II}	праворежущих	леворежущих
100	32	40	10	15	17	2214 0133	2214-0134
125	40	44	14			2214-0135	2214-0136
150	50	49	16			2214 0137	2214-0138
200	50	49	20			2214 0139	2214 0140
250	50	49	26			2214 0141	2214 0142

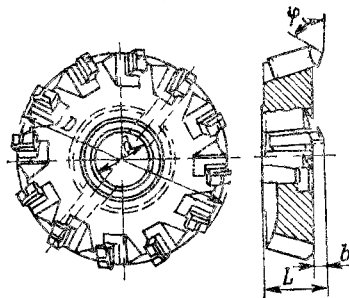
Фрезы торцевые насадные со вставными ножами оснащенные твердосплавными пластинками для обработки чугуна (ГОСТ 2473—40)



D	r	r	n	Число ножей z	Обозначение фрез	
					праворежущих	леворежущих
100	32	39	4	10	2214-0153	2214-0154
125	40	42	4	12	2214-0155	2214-0156
160	50	46	5	16	2214-0157	2214-0158

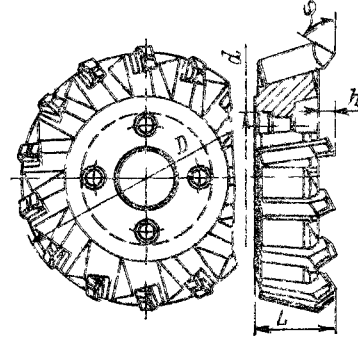
D	a	L	φ, °	Число ножей z	Обозначение фрез	
					праворежущих	леворежущих
200	50	46	5	20	2214 0159	2214 0160
250	60	47	5	24	2214-0161	2214 0162
315	60	66	6	30	2214 0213	2214 0314
400	60	66	6	36	2214-0315	2214 0316
500	60	71	6	36	2214-0317	2214 0318
630	60	71	6	40	2214 0319	2214 0320

Фрезы торцевые насадные со вставными ножами, оснащенными твердосплавными пластинками (ГОСТ 24359-80)
Диаметром 100—200 мм

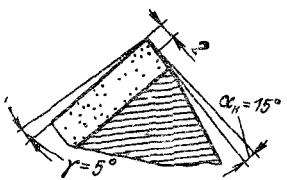
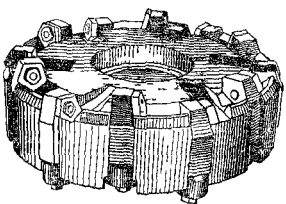
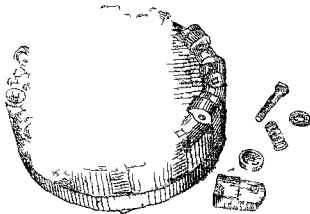


D	a	L	φ, °		Число ножей z	Обозначение фрез	
			45, 60, 75	90		праворежущих	леворежущих
100	32	50	10	7	8	2214 0001	2214 0002
125	40	55	10	7	8	2214-0003	2214 0004
160	50	60	12	8,5	10	2214 0005	2214 0006
200					12	2214-0007	2214 0008

Диаметром 250—630 мм



D	a		L	φ, °		Число ножей z	Обозначение фрез		
	Исполнение			45, 60, 75	90		праворежущих	леворежущих	
	I	II							
250	128,57	—	75	15	10	14	2214 0301	2214 0302	
315						18	2214 0303	2214 0304	
400						20	2214 0305	2214 0306	
500			221,44	85	17	12	26	2214 0307	2214 0308
630							30	2214 0309	2214 0310

Формы алмазных ножей				
Эскиз		Параметры заточки		
		<p>В централизованном порядке фрезы изготавливаются с углом в плане $\phi = 60^\circ$ и показан, он на эскизе формой I заточки ножа, фрезы с углами в плане ϕ, равными 15, 75, 90°, и с другой формой заточки ножа — только по заказу.</p> <p>Форма I заточки предназначена для обработки преимущественно чугуна с HB 1800—3000 и стали с $\sigma_B < 800$ МПа. Форма II заточки — для обработки стали с $\sigma_B = 800 \div 1200$ МПа.</p>		
<p>Фрезы торцевые насадные с механическим креплением пятигранных неперегриваемых твердосплавных пластин (ГОСТ 22085—76*)</p>				
				
D	d	z	Обозначение фрез	
			праворежущих	леворежущих
100	32	8	2211-0271	2214-0272
125	40	8	2214-0273	2214-0274
160	50	10	2214-0275	2214-0276
200	50	12	2214-0277	2214-0278
<p>Фрезы торцевые адные с механическим креплением круглых неперегриваемых твердосплавных пластин (ГОСТ 22086—76*)</p>				
				
D	d	z	Обозначение фрез	
			праворежущих	леворежущих
100	32	10	2214-0291	2214-0295
125	40	12	2214-0292	2214-0296
160	50	14	2214-0293	2214-0297
300	50	16	2214-0294	2214-0298

Фрезы торцевые настольные повышенной жесткости с механическим креплением пятигранных твердосплавных пластин (ГОСТ 20861—75)					
D	z	h	Число ножей z	Обозначение фрез	
				праворежущих	леворежущих
100	32	10,5	6	2214-0251	2214-0252
	32	11,5	6	2214-0253	2214-0254
125	40	10,5	3	2214-0255	2214-0256
	40	11,5	8	2214-0257	2214-0258
160	50	10,5	10	2214-0261	2214-0262
	50	11,5	10	2214-0263	2214-0264
200	50	10,5	12	2214-0265	2214-0266
	50	11,5	12	2214-0267	2214-0268
Фрезы торцевые концевые с механическим креплением пятигранных твердосплавных пластин (ГОСТ 22087—76*)					
D	L	z	Конус Морзе	Обозначение	
63	172	5	4	2214-0311	
80	202	6	5	2214-0312	
Фрезы торцевые концевые с механическим креплением круглых твердосплавных пластин (ГОСТ 22088—76*)					
D	l	z	Конус Морзе	Обозначение	
50	167	5	4	2214-0321	
63	167	6	4	2214-0322	
80	197	8	5	2214-0323	
Торцевые фрезы новой конструкции Фреза для черновой обработки чугуна					
<p>Группой инженеров СКБ создана конструкция торцевой многозубой фрезы без перемычек в корпусе между ножами.</p> <p>Здесь по окружности корпуса 3 фрезы сделаны угловые гнезда, в которых болтами 4 крепятся широкие ножи 2, имеющие каждый по два зуба 1. Благодаря этому удается разместить значительно больше зубьев, чем во фрезах обычной конструкции. Большая ширина ножей и малый вылет их из корпуса придают конструкции высокую жесткость, что позволяет заметно увеличить подачу на зуб. При прочих равных условиях фреза новой конструкции по сравнению с обычными фрезами дает возможность увеличить подачу с 6 до 22 мм/об.</p> <p>Фреза снабжена поворотной прорезной шайбой 5, общей для всех четырех винтов, с помощью которых она крепится на шпинделе. Для съема фрезы со шпинделя станка достаточно ослабить винты и повернуть шайбу. Благодаря этому уменьшается время простоя станка при смене фрез.</p>					

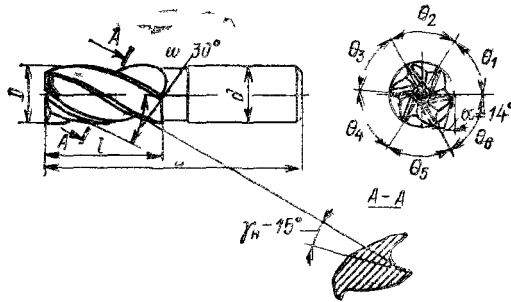
Таблица V 4

Концевые фрезы, конструкции и размеры, мм

Концевые фрезы с цилиндрическим хвостовиком из быстрорежущей стали (ГОСТ 17025-71*)

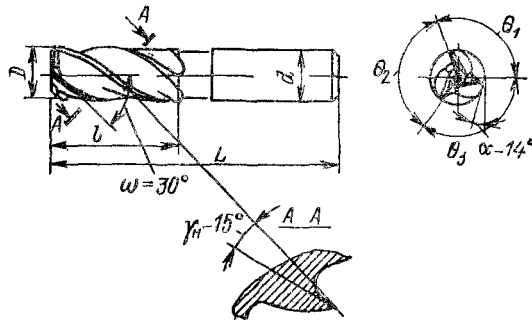
Тип I

Исполнение А — с нормальным зубом



D	L	l	l	
3	3	8	3	4
4	40	10	4	4
5	45	12	5	5
6	50	16	6	5
8	55	20	8	5
10	60	20	10	5
12	70	25	12	5
16	80	32	16	5
20	100	45	20	6

Исполнение Б — с крупным зубом



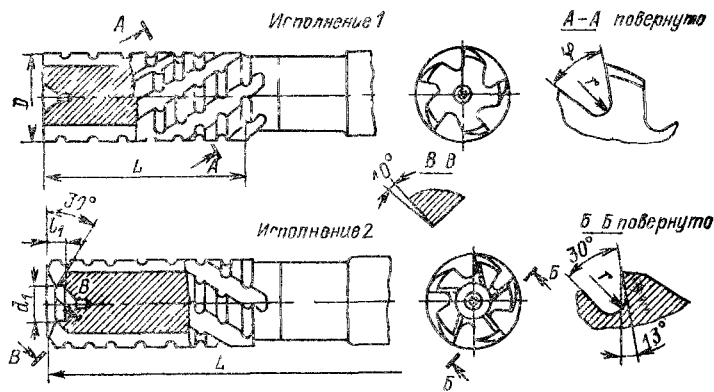
D	L	l	d	z
3	36	8	3	3
4	40	10	4	3
5	45	12	5	3
6	50	16	6	3
8	55	20	8	3
10	60	20	10	3
12	70	25	12	4

Концевые фрезы с коническим хвостовиком из быстрорежущей стали (ГОСТ 17026-71*)

Табл II

D	Ряд		L	d	Конус Морзе	z		Примечание
	основной	голом ни спичи				Исполнение		
						A	Б	
—	14	115	32	4	3	4	Исполнение А — с нормальным зубом. Исполнение Б — с крупным зубом (см рис типа Д). Фрезы D > 14 мм выпускаются с неравномерным шагом (при z = 3, $\theta_1 = 110^\circ$, $\theta_2 = 123^\circ$, $\theta_3 = 127^\circ$ при z = 4, $\theta_1 = 90^\circ$, $\theta_2 = 85^\circ$, $\theta_3 = 90^\circ$, $\theta_4 = 90^\circ$). Фрезы D < 14 мм могут быть изготовлены с равномерным окружным шагом.	
16	—	120	36					
20	—	14	44	5	4	6		
—	28	150	50					
—	—	150	55	4	5	4		
32	—	180	60					
—	36	180	65	5	4	5		
40	—	190	65					
—	1	195	70	4	5	5		
50	—	225	70					

Фрезы с коническим хвостовиком из быстрорежущей стали (ГОСТ 465-71)



D	L	l	Конус Морзе	z	Обозначение фрез	
					праворежущих	леворежущих
25	150	50	3	3	2225 0191	2225 0241
	180	80			2225 0193	2225 0243
32	180	55	4	5	2225 0195	2225 024b
	210	85			2225 0197	2225 0247
	255	130			2225 0199	2225 0249

Продолжение табл. V.4

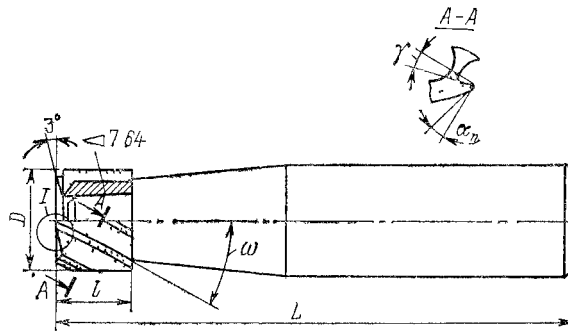
D	L	l	Конус торца	z	Обозначение фрез	
					праворежущих	леворежущих
40	190	65	4	8	2225-0201	2225-0251
	225	100			2225-0203	2225-0253
	255	160			2225-0205	2225-0255
50	225	70	5	6	2225-0207	2225-0257
	270	115			2225-0209	2225-0259
	335	180			2225-0211	2225-0261
63	225	80	5	5	2225-0213	2225-0263
	280	125			2225-0215	2225-0265
	355	200			2225-0217	2225-0267
80	300	96	6	10	2225-0219	2225-0269
	350	140			2225-0221	2225-0271
	435	224			2225-0223	2225-0273

* Исполнение 1 — без торцевых зубьев исполнение 2 — с торцевыми зубьями

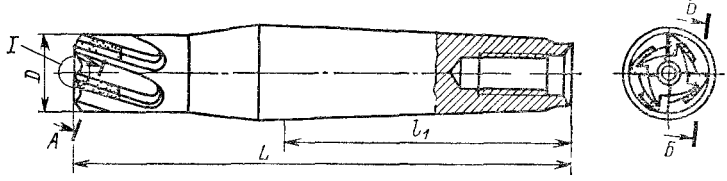
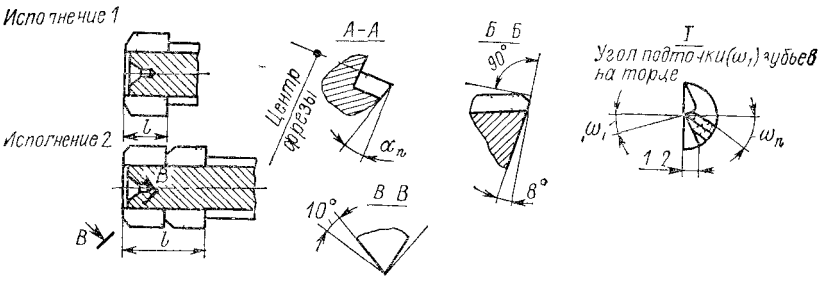
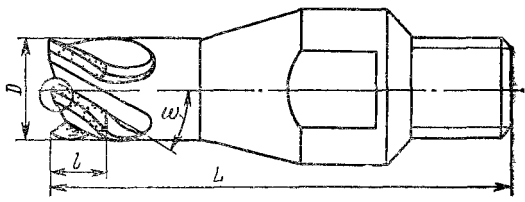
Фрезы концевые, оснащенные твердосплавными пластинками

ГОСТ	D	L	l	Ко- нус торца	z	ω, °	Обозначение
------	---	---	---	---------------------	---	------	-------------

С цилиндрическим хвостовиком

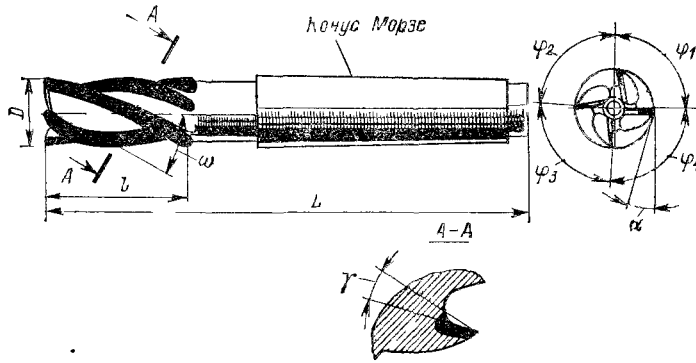


20536-75*	10	70	40	—	2	20	2220-0501
	12,5	80	45	—	2	24	2220-0502
	16	90	48	—	3	36	2220-0503
	20	90	50	—	4	36	2220-0504

ГОСТ	D	L	l	Конус Морзе	z	ω, \dots°	Обозначение
<i>С коническим хвостовиком</i>							
<i>Исполнение 1</i>							
20537—75*	12,5	115	11	2	2	24	2223 0501
	16	120	13	2	3	30	2223-0502
	20	135	12	3	4	36	2223-0503
	25	160	20	4	4	36	2223 0504
	32	160	19	4	4	40	2223 0505
	40	190	24	5	6	34	2223-С506
50	190	22	5	6	40	2223 0507	
<i>Исполнение 2</i>							
							
							
20538—75*	20	145	21	3	4	36	2223-0551
	25	170	34	4	4	36	2223-0552
	32	170	34	4	4	40	2223-0553
	40	205	41	5	6	34	2223-0554
	50	205	41	5	6	40	2223-0555
<i>С резьбовым хвостовиком</i>							
							
20539—75*	12	70	14	—	2	22	2229-0301
	16	85	13	—	2	28	2229-0302
	20	90	12	—	4	34	2229-0303
	25	120	21	—	4	32	2229-0304

Фрезы * концевые с заточенными винтовыми термостойкими пластинами, для обработки заготовок из высокопрочных сталей и титановых сплавов на станках с ЧПУ (ГОСТ 24637-81, СТ СЭВ 201-75)

с коническим хвостовиком



D	l	L	Ко нус Мор зе	z	Обозначение праворежущих фрез
16	13 23 3	12 132 13Г	3	4	От 2223 5641 до 2223 5643
20	21 37 38	120 136 13	3	4	От 2223 5644 до 2223 5646
22	1 37 4	146 162 183	4	1	Ст 2223 564 до 2223 5643
25	21 7 38 4	146 162 183 199	4		Ст 2223 564 до 2223 5654
32	19 34 3 2	174 189 208 21	5	4	От 2223 565 до 2223 5653
40	22 38 60 82 104	177 193, 2 3 237 250	5	4 и 6	Ст 2223 565 до 2223 567
50	22 38 60 82, 104 142	177 193, 2 3 237 259 297	5	4 и 6	От 2223 5672 до 2223 5704

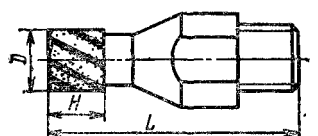
Наряду с концевыми фрезами по ГОСТ 24637-81 для тех же целей производятся концевые фрезы по ГОСТ 23248-78 диаметром от 8 до 63 мм при L = 98 — 335 мм с конусом Морзе от 2 до 5 включительно. Фрезы имеют три исполнения: 1 — с торцевыми режущими зубьями; 2 — с торцевыми зубьями, имеющими по две точки на участках к центру фрезы; 3 — без торцевых зубьев.

Концевые фрезы оснащенные твердсплавными коронками								
D		ГОСТ	L	H	Конус Морзе	z	Угол наклона зубьев β	Обозначение
Ряд								
I	II							
С цилиндрическим хвостовиком								
10	—	20533—75*	10	16	—	6	25	2220 0601
12	—		80	12				2220 0602
—	14		90	8				2220 0603
—	—		18	18				2220 0604
С коническим хвостовиком								
10	—	20534—75*	10	10	3	6	25	2223-0601
12	—		145	12				2223 0602
—	14		8	15				2223-0603
—	—		15	15				2223 0604

Продолжение табл. V.4

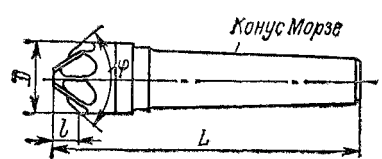
D		ГОСТ	L	H	Конус Морзе	z	Угол наклона зуба φ, ...°	Обозначение	
Ряд									
I	II								
10	—	20534—75 *	145	10	3	6	25	2223-0605	
—	—			20				2223-0606	
—	18			10				2223-0607	
—	—			20				2223-0608	
—	—	20535—75 *	145	15	—	8	25	2223-0609	
—	—			20				2223-0610	
—	14			70				10	2229-0401
—	—			8				12	2229-0402
—	—	20535—75 *	145	18	—	6	25	2229-0403	
—	—			80				18	2229-0404
—	—			80				10	2229-0405
—	—			90				20	2229-0406
—	—	20535—75 *	145	80	—	8	25	2229-0407	
—	—			80				20	2229-0408
—	18			80				10	2229-0409
—	—			90				15	2229-0410
—	22	20535—75 *	145	90	—	8	25	2229-0410	
—	—			90				15	2229-0410

С резьбовым хвостовиком

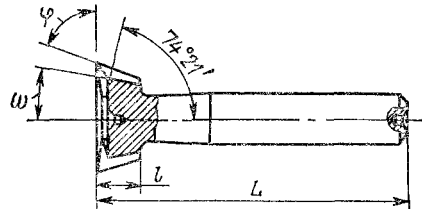


D	L	l	φ, ...°	Конус Морзе	z	Обозначение
20	120	7,5	60	2	8	2280-0101
		4	90			2280-0102
		2	120			2280-0103
32	145	10	60	3	10	2280-0104
		6	90			2280-0105
		3	120			2280-0106
40	170	14	60	4	12	2280-0107
		8	90			2280-0108
		4	120			2280-0109

Фрезы концевые шаровые для снятия фасок (МН 408—65)

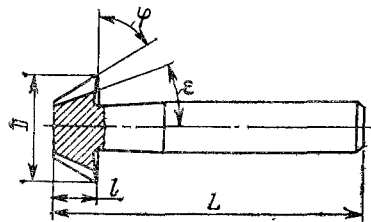


Фрезы концевые угловые для пазов типа ласточкин хвост (МН 407—65)



D	L	l	φ, ...°		z	Обозначение
10	50	6	70	10° 36'	8	2280-0051
			75	7° 53'		2280-0052
			80	5° 12'		2280-0053
			85	2° 35'		2280-0054
16	60	8	60	20° 19'	10	2280-0055
			65	16° 44'		2280-0056
			70	13° 05'		2280-0057
			75	9° 52'		2280-0058
			80	6° 32'		2280-0059
			85	3° 16'		2280-0060
25	70	10	55	24° 59'	12	2280-0061
			60	21° 11'		2280-0062
			65	17° 29'		2280-0063
			70	13° 53'		2280-0064
			75	10° 21'		2280-0065
			80	6° 52'		2280-0066
85	3° 25'	2280-0067				

Фрезы концевые угловые (МН 406—65)



D	L	l	φ, ...°	ε	z	Обозначение
10	50	6	70	10° 36'	8	2280-0001
			75	7° 53'		2280-0002
			80	5° 12'		2280-0003
			85	2° 35'		2280-0004
16	60	8	60	20° 19'	10	2280-0005
			65	16° 44'		2280-0006
			70	13° 05'		2280-0007
			75	9° 52'		2280-0008
			80	6° 32'		2280-0009
			85	3° 16'		2280-0010
25	70	10	55	24° 59'	12	2280-0011
			60	21° 11'		2280-0012
			65	17° 29'		2280-0013
			70	13° 53'		2280-0014
			75	10° 21'		2280-0015
			80	6° 52'		2280-0016
85	3° 25'	2280-0017				

Фрезы фасонные концевые твердосплавные для обработки сталей и сплавов				
Фреза	D	L	a	ГОСТ
Сферическая грушевидная 	4 6 8	25 32 40	4 6 8	18934-73
Сферическая лепестовидная 	4 6 8	25 32 40	4 6 8	18935-73
Сферическая коническая 	4 6 8	25 32 40	1 6 8	18936-73
Цилиндрическая 	4 6 8	25 32 40	4 6 8	18937-73
Коническая 	4 6 8	25 32 40	4 6 8	18938-73

Фрезы стандартные из быстрорежущей стали (ГОСТ 9140-78)

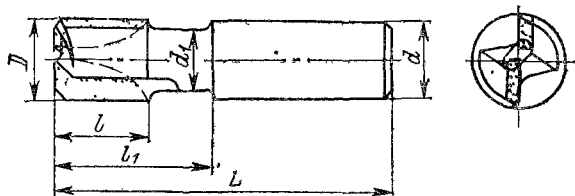
Тип I - с цилиндрическим хвостовиком

Тип II - с коническим хвостовиком Морзе

D	L	l	Допускаемое отклонение ширины фрезы по шпоночному пазу	Обозначение фрез		
				праворезных	леворезных	
<i>Тип I</i>						
2	28	4	-0,028 -0,038	2234 0001	2234 0002	
3	32	5	-0,029 -0,042	2234 0003	2234 0004	
4		6		2234 0005	2234 0006	
5	36	8		2234 0007	2234 0008	
6	40	10	-0,035 -0,050	2234 0009	2234 0010	
8	45	12		2234 0011	2234 0012	
10	56	16	-0,041 -0,059	2234 0013	2234 0014	
12	63	20		2234 0015	2234 0016	
14				2234 0017	2234 0018	
16	70	25		2234 0019	2234 0020	
18				-0,048 -0,071	2234 0021	2234 0022
20	80	32		2234 0023	2234 0024	
<i>Тип II</i>						
D	L	l	конус Морзе	Допускаемое отклонение ширины фрезы по шпоночному пазу	Обозначение фрез	
					праворезных	леворезных
16	105	25	2	-0,041 -0,054	2235 0001	2235-0002
18						
20	110	32	3	-0,048 -0,071	2235 0007	2235 0010
24						
28	140	40			2235 0017	2235 0018
32	150	50	4	-0,056 -0,083	2235 0021	2235 0022
36						
40	190	63			2235-0029	2235 0030

Фрезы шпоночные, оснащенные пластинками из твердого сплава
(ГОСТ 6396—78)

Тип 1 — с цилиндрическим хвостовиком

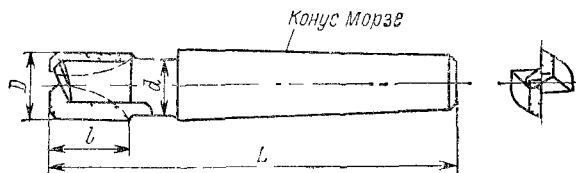


D	d	L	l	r*	Обозначение фрез	
					праворежущих	леворежущих
10	10	62	40	0,25	2234-0133	2234-0134
12	12	71	45	0,25	2234-0135	2234-0136
14	12	71	45	0,25	2234-0137	2234-0138
16	16	76	48	0,25	2234-0141	2234-0142
18	16	79	48	0,25	2234-0143	2234-0144
20	20	85	50	0,40	2234-0145	2234-0146
22	20	85	50	0,40	2234-0147	2234-0148
25	25	94	56	0,40	2234-0151	2234-0152

* Допускается замена радиуса r фаской с × 45° при c = r

Фрезы шпоночные, оснащенные пластинками из твердого сплава
(ГОСТ 6396—78)

Тип 2 — с коническим хвостовиком



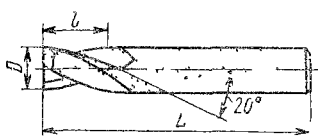
D	l	l	Конус Морзе	r*	Обозначение фрез	
					праворежущих	леворежущих
12	82	16	1 2	0,25	2235-0191	2235-0192
	98				2235-0193	2235-0194
14	82	20	1 2	0,25	2235-0195	2235-0196
	98				2235-0197	2235-0198
16	98	20	2	0,25	2235-0201	2235-0202
18	101	20	2	0,25	2235-0203	2235-0204
20	101	20	2 3	0,40	2235-0205	2235-0206
	118				2235-0207	2235-0208

Продолжение табл. V.4

D	L	l	Конус Морзе	r *	Обозначение фрез	
					праворежущих	леворежущих
22	101 118	25	2 3	0,40	2235-0211 2235-0213	2235-0212 2235-0214
25	121	25	3	0,40	2235-0215	2235-0216
28	121 147	25	3 4	0,40	2235-0217 2235-0221	2235-0218 2235-0222
32	121 147	32	3 4	0,40	2235-0223 2235-0225	2235-0224 2235-0226
36	124 150	32	3 4	0,40 0,70	2235-0227 2235-0231	2235-0228 2235-0232
40	150	32	4	0,70	2235-0233	2235-0234

* Допускается замена радиуса r фаской с $\times 45^\circ$ при $s = r$

Фрезы шпоночные цельные твердосплавные (ГОСТ 16463—80)



D	d	l	L	l ₁	Обозначение
2	3	4	25	10	2234-0201
3	3	5	28		2234-0202
4	4	6	28		2234-0203
5	5	8	32		2234-0204
6	6	10	36		2234-0205
8	8	12	40		2234-0206
10	10	16	50		2234-0207
12	12	20	55		2234-0208

Примечание Изготавливаются из твердых сплавов марок ВК6, ВК6М, KB8, Г5К10, Т15К6

V.4. Фрезы для обработки пазов, уступов и канавок

Наибольшее распространение для обработки пазов прямоугольного профиля имеют дисковые трехсторонние фрезы. Однако при необходимости получить точный паз применяют точные дисковые пазовые фрезы (табл. V.5). Особо точные пазы обрабатывают затылочными пазовыми фрезами.

В табл. V.6 приведены размеры и конструкция угловых и фасонных фрез, а в табл. V.7 — размеры и конструкция прорезных и отрезных фрез.

Таблица V.5

Фрезы для обработки пазов, конструкции и размеры, мм

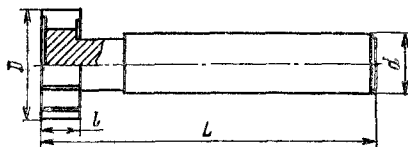
Фрезы дисковые пазовые (ГОСТ 3964-69*, СТ СЭВ 573-77)						
<i>D</i>	<i>d</i>	<i>B</i>	<i>z</i>	Допустимое отклонение <i>B</i> для паза по Н9	Обозначение	
50	16	3	14	+0,027	2250-0001	
		4		+0,030	2250-0002	
		5			2250-0003	
63	22	6	16	+0,030	2250-0004	
		8			2250-0005	
		10			2250-0006	
80	27	12	18	+0,040	2250-0007	
		14		+0,050	2250-0008	
		16			2250-0009	
100	32	10	20	+0,050	2250-0010	
		12			2250-0011	
		14			2250-0012	
		16			2250-0013	
Фрезы пазовые затылочные (ГОСТ 8545-71)						
<i>D</i>	<i>d</i>	<i>B</i>	<i>z</i>	Падение затылка <i>K</i>	Допустимое отклонение <i>B</i> для паза по Н9	Обозначение
50	16	4	12	2,5	+0,015	2250-0051
		5				2250-0052
		6				2250-0053
63	22	5	14	3	+0,020	2250-0054
		6				2250-0055
		8				2250-0056

Продолжение табл. V.5

D	d	B	z	Падение затылка K	Допустимое откло- нение B для паза по Н9	Обозначение
80	27	8	14	4	+0,020	2250-0060
		10			2250-0061	
		12			2250-0062	
100	32	10	+0,020		2250-0063	
		12	+0,025		2250-0064	
		16				2250-0065

Фрезы для обработки T-образных пазов (ГОСТ 7063—72*,
СТ СЭВ 115—79)

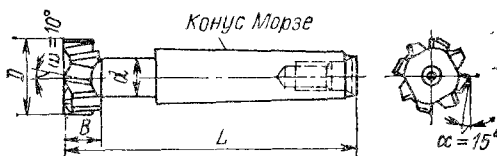
Тип 1 — с цилиндрическим хвостовиком (из быстрорежущей стали)



Номиналь- ный размер паза	D	d	d_1	l	l_1	L	z	Обозначение
6	12,5	5	10	6	10	57	6	2252-0301
8	16,0	7	10	8	13	62	6	2252-0302
10	18,0	8	12	8	17	70	6	2252-0303
12	21,0	10	12	9	20	74	8	2252-0304
14	25,0	12	16	11	23	82	8	2252-0305
18	32,0	15	16	14	27	90	8	2252-0306
22	40,0	19	25	18	34	108	8	2252-0307

Тип 2 — с коническим хвостовиком (из быстрорежущей стали)

Исполнение 1*



Номиналь- ный размер паза	D	d	B	L	Конус Морзе	z	Обозначение
6	12,5	5	6	73	1	6	2252-0151
8	16	7	7	77	1	6	2252-0152
10	18	8	8	82	1	6	2252-0153
12	21	10	9	98	2	8	2252-0155
14	25	12	11	103	2	8	2252-0157
18	32	15	14	111	2	8	2252-0159
22	40	19	18	138	3	8	2252-0161

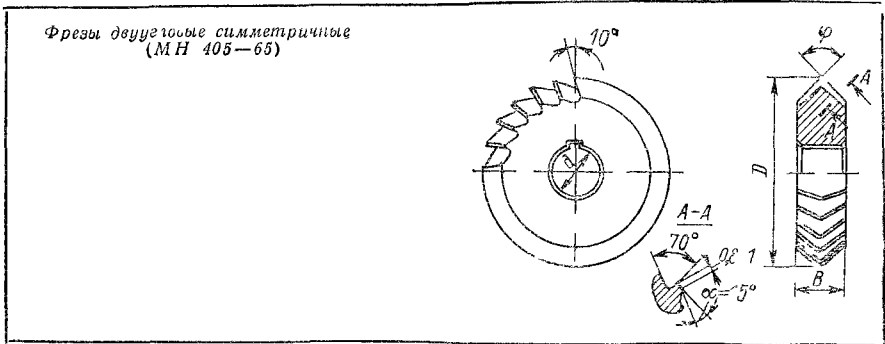
Исполнение 2 **							
Номинальный размер паза	D	a	B	L	Конус Морзе	z	Обозначение
J	18	8	8	82	1	4	2252-0154
12	21	10	9	98	2	6	2252-0156
14	25	12	11	103	2	6	2252-0158
18	32	15	14	111	2	6	2252-0160
22	40	19	18	138	3	6	2252-0162
25	50	25	22	173	3	6	2252-0163
36	60	30	28	180	3	8	2252-0164
42	72	36	35	229	5	8	2252-0165
48	85	42	40	240	5	8	2252-0166
54	95	44	44	251	5	8	2252-0167

* С нормальным зубом. ** С крупным зубом

Таблица V.6

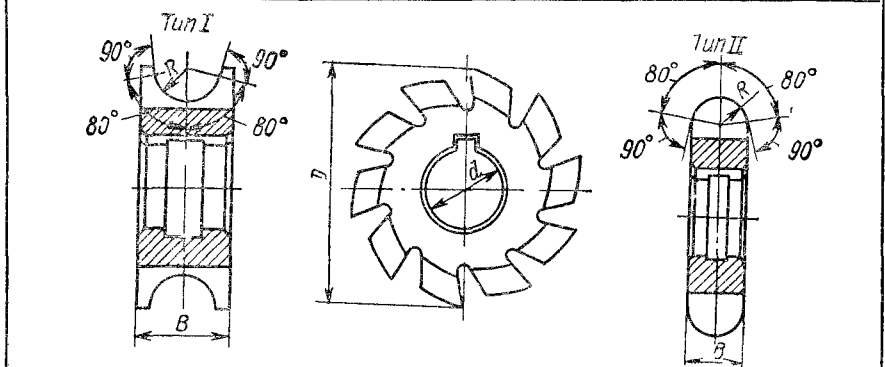
Угловые и фасонные фрезы, конструкции и размеры, мм

Фрезы дисковые угловые односторонние					
D	a	L	φ, °	Обозначение фрез	
				праворежущих (МН 403—65)	леворежущих (МН 404—65)
80	22	10	30	2282-0001	2282-0051
			40	2282-0004	2282-0054
			45	2282-0007	2282-0057
			50	2282-0010	2282-0060
			60	2282-0013	2282-0063
100	27	12	30	2282-0002	2282-0052
			40	2282-0005	2282-0055
			45	2282-0008	2282-0058
			50	2282-0011	2282-0061
			60	2282-0014	2282-0064
125	32	16	30	2282-0003	2282-0053
			40	2282-0006	2282-0056
			45	2282-0009	2282-0059
			50	2282-0012	2282-0062
			60	2282-0015	2282-0065



D	d	B	φ °	z	Обозначение
63	16	10	40	20	2282 0101
			45		2282 0102
			50		2282 0103
			60		2282 0104
			90		2282-0105
		100		2282 0106	
80	22	10	30	22	2282-0107
		12	40		2282-0108
		14	45		2282-0109
		50	2282 0110		
		60	2282-0111		
		90	2282 0112		
		20	100	2282-0113	
100	27	12	50	24	2282-0114
		14	40		2282-0115
		16	45		2282 0116
		18	50		2282 0117
		24	60		2282-0118
		26	90		2282 0119
		100	2282 0120		

Фрезы фасонные полукруглые (ГОСТ 9305—69 *)
 Тип I — вогнутые, тип II — выпуклые



R	D	d	B		z
			Тип I	Тип II	
1,5	30	22	7	3	14
2			8	4	
2,5			10	5	

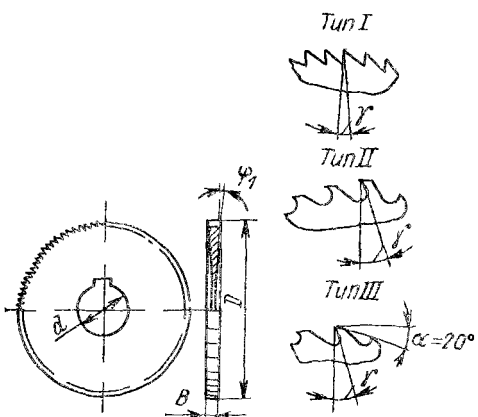
Продолжение табл. V.6

R	D	d	B		z			
			Тип I	Тип II				
2,5 3 4	63	22	10 12 14	5 6 8	12			
4 5 6 8			80	27		14 18 22 28	8 10 12 16	
8 10 12						100	32	28 35 40
12 16	125	32			40 48			24 32

Таблица V.7

Фрезы пререзные и отрезные, конструкция и размеры, мм

Фрезы пререзные и отрезные (ГОСТ 2679-73*)

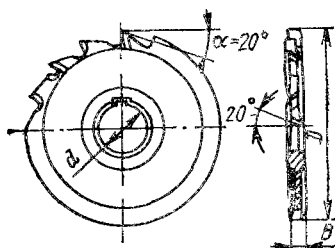


B, мм	$\gamma, ^\circ$
$\leq 0,5$	0
0,5-3,0	5
$> 3,0$	10

B, мм	$\gamma, ^\circ$
≤ 3	5
> 3	10

D	d	B		
		Тип I (мелкие зубья)	Тип II (нормальные зубья)	Тип III (круглые зубья)
20	5	0,2-2,5	—	—
25	5	0,2-3,0	—	—
32	8	0,2-4	—	—
40	10	0,2-5	—	—
50	13	0,2-6	0,5-6	1,0-6
63	16	0,25-6	0,5-6	1,0-6
80	22	0,3-6	1,0-6	1,0-6
100	27	0,5-6	1,0-6	1,0-6
125	27	0,6-6	1,6-6	1,6-6
160	32	1,0-6	1,6-6	1,6-6
200	32	1,5-5,5	2,0-5,5	1,6-5,5
250	32	1,6-5,5	2,5-5,5	2,5-5,5
315	40	1,6-5,5	2,5-5,5	2,5-5,5

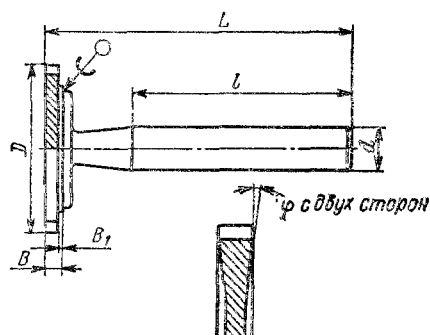
Фрезы прорезные с разнонаправленными зубьями (МН 392—65)



D	d	B	z	Обозначение
80	20	4	14	2254 0001
		4,5		2254 0002
		5		2254 0003
100	27	4	16	2254-0004
		4,5		2254-0005
		5		2254-0006
		6		2254 0007
125	27	4	20	2254-0008
		4,5		2254-0009
		5		2254 0010
		6		2254-0011
160	32	5	24	2254 0012
		6		2254-0013
		7		2254-0014
		8		2254-0015
200	40	6	30	2254-0016
		7		2254 0017
		8		2254 0018
		10		2254-0019

Фрезы дисковые прорезные из твердого сплава (ГОСТ 21423—75)

Исполнение 1 — хвостовые, исполнение 2 — насадные



D	B	B_1	d	L	l	z	Обозначение
10 12	От 0,20 до 2,5	2—3	5	50	40	18, 8, 6	От 2254-1751 до 2254-1762 От 2254-1763 до 2254-1777

Продолжение табл. V.7

D	B	B_1	d	L	l	z	Обозначение
16	От 0,25 до 3,0	2—3	10	63	40	24; 12; 10	От 2254-1778 до 2254-1787
20	От 0,25 до 4,0	2—4	10	63	40	30; 20; 12	От 2254-1788 до 2254-1803
25	От 0,32 до 4,0	2—4	12	75	60	30; 20; 12	От 2254-1804 до 2254-1816
32 36	От 0,5 до 5,0	2—5	16	75 80	60	32; 16; 24 36; 24; 16	От 2254-1817 до 2254-1831 От 2254-1832 до 2254-1845

V.5. Фрезы для выполнения разных работ

Борфрезы. Для обработки рельефов сложных рисунков, механического гравирования на станках-пантографах и других подобных фрезерных работ применяются режущие инструменты, называемые борфрезами.

Конструкции и размеры борфрез, установленные ГОСТом, приведены в табл. V.8.

Фрезы для обработки легких сплавов и пластмасс. При обработке легких сплавов, некоторых цветных металлов и пластмасс усилие резания, приходящееся на единицу площади поперечного сечения стружки, значительно меньше, чем при обработке черных металлов.

Сопоставление механических свойств этих материалов позволяет судить об их различиях (см. гл. I). Эти обстоятельства вызывают необходимость изменения конструкции и геометрии режущих элементов фрез для обработки легких сплавов, а также для обработки пластмасс.

Отличительными особенностями первых являются: малое число зубьев (двух-, трехзубые концевые фрезы; четырех-, восьмизубые торцевые и дисковые фрезы), а также большие значения передних и задних углов ($\gamma = 15 \div 20^\circ$; $\alpha = 20^\circ$).

Фрезы для обработки пластмасс имеют измененную форму зубьев, их разнонаправленность и большое число зубьев (малый угловой шаг). Номенклатура фрез для обработки легких сплавов и пластмасс, их ГОСТы и размеры приводятся в табл. V.9.

Таблица V.8

Борфрезы концевые и насадные сферические, цилиндрические, конические из быстрорежущей стали (ГОСТ 22134—76 — ГОСТ 22138—76), конструкции и размеры, мм

Цилиндрические (ГОСТ 22134—76). Исполнение: 1 — особо крупный зуб, 2 — крупный зуб; 3 — средний зуб; 4 — мелкий зуб; 5 — особо мелкий зуб			
Эскиз	D	l	l_1
	3,15—12,50	50—71	10—31,5

Концевые угловые, типы 1, 2, 3, 4 и 5 (ГОСТ 22135—76)				
Эскиз	D	L	l	
	8	60	10	
	10	60	14	
	10	71	20	
Концевые дисковые, типы 1, 2, 3, 4 и 5 (ГОСТ 22135—76)				
Эскиз	D	L	b	
	8	50	2	
	10	56	3,15	
	12,5	60	4	
Сферические, типы 1, 2, 3, 4 и 5 (ГОСТ 22137—76)				
Эскиз	D	L	D	L
	3,15	50	8	60
	4	50	10	60
	5	50	12,5	75
	6,3	60	—	—
	—	—	—	—
Сфероцилиндрические, типы 1, 2, 3, 4 и 5 (ГОСТ 22138—76)				
Эскиз	D	L	l	
	4	50	10	
	5	56	14	
	6,3	56	14	
	8	60	22,4	
	10	60	22,4	
	12,5	71	28	
Сферические концевые, типы 1, 2, 3, 4 и 5 (ГОСТ 22141—76)				
Эскиз	D	L	r	l
	6,3	56	1,5	16
	8	60	2,0	20
	10	67	2,5	25
	12,5	75	3,0	31,5

Таблица V.9

Фрезы для обработки легких сплавов и пластмасс, размеры, мм

Тип фрез	ГОСТ	D	B	z
<i>Для обработки легких сплавов</i>				
Концевые	16225—70*	От 2 до 12	—	2
Концевые с коническим хвостовиком	23247—78	» 8 » 63	—	От 2 до 3
Концевые сфероцилиндрические с коническим хвостовиком	16231—70	» 12 » 50	—	2
Торцевые насадные	16222—70	50, 63, 80	—	4
То же, с ножами, оснащенными твердым сплавом	16223—70*	От 100 до 200	—	4, 6, 8
Дисковые трехсторонние	16227—70	» 50 » 100	От 5 до 16	От 6 до 10
То же, со вставными ножами из быстрорежущей стали	16228—70	» 80 » 315	» 12 » 32	» 6 » 16
Отрезные	16230—70*	» 63 » 200	» 1 » 5	» 12 » 20
<i>Для обработки пластмасс</i>				
Дисковые для резки пластмасс типа текстолит	20317—74*	От 100 до 400	От 2 до 5	От 32 до 60
Дисковые для резки с мелким зубом	20318—74*	» 100 » 400	» 2 » 5	» 46 » 140
Обработка гетинакса				
Дисковые для резки пластмасс типа гетинакс (сегментные)	20319—74*	» 275 » 410	5	» 56 » 100
То же, оснащенные твердым сплавом для резки стеклопластика	20320—74*	» 200 » 400	От 5 до 7	» 30 » 60
То же, со вставными ножами из твердого сплава	20320—74*	» 250 » 400	» 8 » 10	24 и 30

УСТАНОВКА И ЗАКРЕПЛЕНИЕ ФРЕЗ НА СТАНКЕ

VI.1. Присоединительные поверхности концов шпинделей, вспомогательных инструментов и фрез

Размеры конуса отверстия и конца шпинделя фрезерных станков стандартизованы ГОСТ 836—72¹ предусматривает восемь типоразмеров концов шпинделей с отверстием, имеющим конусность 7 : 24, и два типоразмера с отверстием, имеющим конус Морзе. Шпиндели, концы которых по ГОСТу обозначаются номерами от 30 до 70 (табл. VI 1 и VI 2), имеют на торце два паза под поводковые шипы шириной B ; эти шипы крепятся одним или двумя винтами. Помимо шипов на торце предусмотрено четыре или шесть (для концов под номерами 65 и 70) резьбовых отверстий, используемых для закрепления инструмента непосредственно на торце, с центрированием по наружному диаметру D_1 шпинделя. Размер диаметра D_1 выполняется по 5-му качеству с полем допуска $h5$.

Концы шпинделей, обозначаемые номерами 3 и 4, имеют отверстия с конусом Морзе 3 и 4. Перед конусным отверстием, соосно ему, выполнено отверстие прямоугольной формы с размерами $s \times h$. Стенки этого отверстия передают крутящий момент инструменту, который лыской на своем хвостовике входит в отверстие при установке.

Вспомогательными инструментами называются инструменты, обеспечивающие установку и закрепление режущего инструмента на станке. К установке предъявляются требования: правильно ориентировать режущий инструмент (в нашем случае фрезы) относительно оси вращения шпинделя станка и надежно сохранять занятое положение в процессе выполнения обработки; к закреплению — жестко соединять фрезу со шпинделем; без упругих колебаний передавать максимальный крутящий момент, предусмотренный конструкцией и паспортом станка. Наиболее полно этим требованиям отвечают конусные присоединительные поверхности. Вспомогательный инструмент, как правило, изготавливается с точностью большей, чем режущий инструмент.

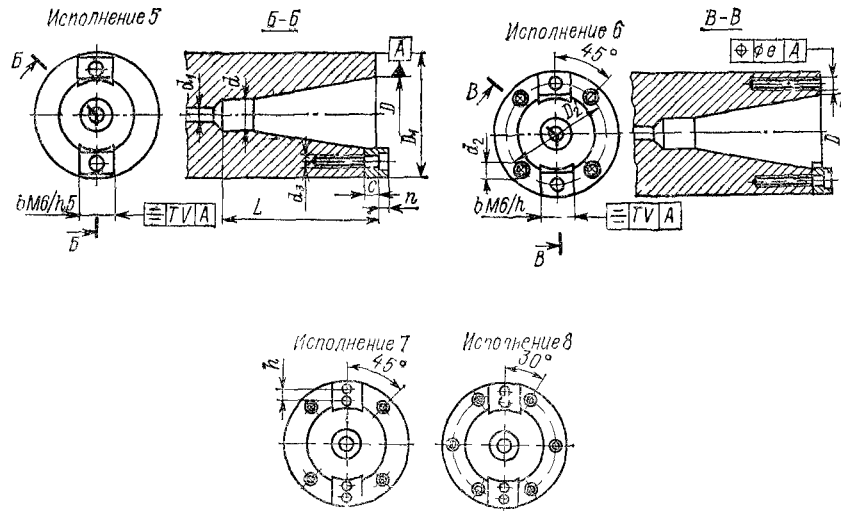
Перед соединением конусных поверхностей они должны быть тщательно протерты чистыми тряпками, не оставляющими ворсинок на вытертой поверхности. Если возникает сомнение в плотности конического соединения, кроме визуального контроля и повторной протирки поверхностей рекомендуется осуществлять контроль соединения «по краске». В этом случае на конусную поверхность оправки тонким слоем наносится полоса шпательной краски², которые располагают в трех местах по всей длине. Затем оправка вставляется в конусное отверстие шпинделя и поворачивается в нем на 20—30°, после чего вынимается. При нормальном совмещении конусных поверхностей полосы краски на оправке равномерно по всей их длине стираются после поворота. В противном случае краска будет стерта только на тех участках, где возник контакт поверхностей.

¹ Предшествующий ГОСТ предусматривал четыре типоразмера переднего конца шпинделей, которые обозначались номерами 1, 2, 3, 4а и 4б. Новый ГОСТ 836—72 учел их под номерами 30, 40, 50 и 60.

² Шпательная краска представляет собой смесь машинного масла с лазурью или ультрамаринном, имеющую консистенцию пасты.

Таблица VI.1

Концы шпинделей фрезерных станков с конусом 7:24,
размеры, мм (ГОСТ 24644—81)



Обозначение конуса шпинделя	Исполнение	D	D ₁	D ₂	d	d ₁	a ₂	L	c	n	b (разн. шпонка)	V
30	5	31,75	70	54	17,4	17	M10	73	8	8	15,9	0,03
40	5	44,45	90	66,7	25,3	17	M12	100	8	8	15,9	
45	5	57,15	100	80	32,4	21	M12	120	9,5	9,5	19	
50	5, 6	69,85	125	101,6	39,6	27	M16	140	12,5	12,5	25,4	0,04
55	6	88,9	150	120,6	50,4	27	M20	178	12,5	12,5	25,4	
60	7	107,95	220	177,8	60,2	35	M20	220	12,5	12,5	25,4	
70	8	165,1	335	265,0	92,9	42	M24	315	20	20	32,0	

Примечание. Размеры конусов по ГОСТ 15945—70

Таблица VI.2

Концы шпинделей фрезерных станков по их моделям

Модель	Обозначение конуса	Исполнение
6Т11, 6Р11Ф3, 6Н80Г, 6Т80Г, 6676Ф2, 6Р81Ш, 6М80Ш	40	5
6Т12, 6Р13, 6Р13Ф3, 6520Ф3, 6Т82Г, 6Т83Г, 6Т82Ш, 6Т83Ш	45	5
6550Ш, 6550МФ3, 6560Ц, 6560МФ3	50	6
6М83Ш, 6М81Ш, 6М82Ш, 6605, 6606, 6608, 6610, 6632, 6641, 6642	50	5

VI.2. Закрепление фрез на центровых оправках

Центровые оправки предназначены для установки и закрепления насадных цилиндрических дисковых, фасонных, прорезных и других фрез на горизонтально-фрезерных станках. Один конец оправки с конусной поверхностью закрепляется в отверстии шпинделя станка, а другой конец с цилиндрической цапфой устанавливается в подшипнике серьги, закрепленной на хоботе станка. Совмещение с подшипником может осуществляться и через насадную буксу. Длинные оправки при фрезеровании с большими крутящими моментами обеспечиваются дополнительной опорой — установкой второй серьги на хоботе и второй буксы на оправке. В этих случаях фреза или их набор помещается между опорами. В конусном отверстии шпинделя оправка затягивается штробелем¹ (шэмполом).

Один резьбовой конец штробеля предварительно завинчивается в резьбовое отверстие на торце оправки. Затем на другом конце гайкой, упирающейся через шайбу в задний торец шпинделя, производится затягивание. Если резьба штробеля не совпадает по размеру с резьбой на хвостовике оправки, то применяют резьбовые переходники.

После закрепления оправки в шпинделе на ее цилиндрическую часть со шпонкой насаживают установочные кольца (ГОСТ 15071—75) и фрезу. Затем на резьбовой конец оправки навинчивают гайку.

Фрезы малых диаметров, работающие при небольших усилиях, удерживаются на оправке от провертывания трением между торцами фрезы и установочных колец, возникающим при затяжке гайкой. При тяжелых работах этого трения недостаточно и фреза удерживается на оправке при помощи шпонки. По всей длине средней (рабочей) части оправки профрезерована шпоночная канавка; в ней крепится шпонка, на которую надевают фрезу. Установочные кольца в этом случае также ставят на шпонке.

Отверстия в кольцах, равно как и рабочие части фрезерных оправок, изготовляют только определенных диаметров. Шпоночные канавки и шпонки также изготовляют определенных размеров по ГОСТ 15074—75.

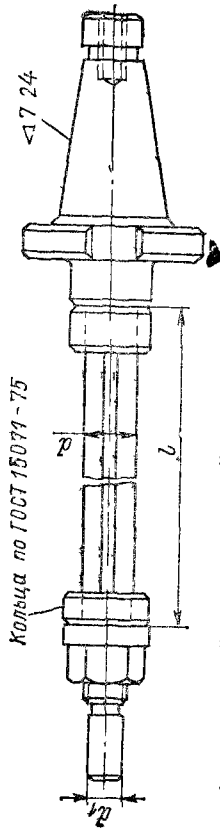
Установочные кольца разделяют на нормальные и точные. Точные кольца применяются для комплектования фрез в наборы.

В табл. VI.3—VI.5 приведены типоразмеры основных центровых оправок и их обозначения.

Цилиндрические фрезы с винтовыми зубьями должны устанавливаться на станке с учетом следующих особых правил: при правом направлении винтовых поверхностей зубьев должно быть настроено левое вращение шпинделя, что обеспечивает направление слагающей силы резания в сторону шпинделя, при левом направлении винтовых поверхностей зубьев направление вращения шпинделя сохраняется правым. Если не соблюдать эти правила, то в процессе обработки может возникнуть ослабление затяжки хвостовика оправки в конусном отверстии шпинделя, что приведет вначале к вибрации инструмента, а с ее возрастанием — и к его поломке.

¹ Длинная шпалька.

Центровые оправки с цилиндрической напайкой с хвостовиком конусностью 7:24 (ГОСТ 15067-75)

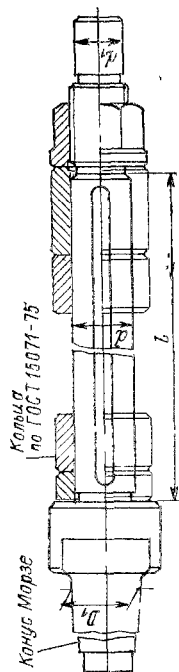


Обозначение кольца шпинделя	Диаметры, мм		Габариты для l, мм									
	d	d ₁	160	200	250	315	400	500	560	630		
40	22	16	—	—	6225-0132	6225-0133	—	—	—	—		
	27	20	6225-0134	6225-0131	6225-0135	6225-0136	6225-0137	—	—	—		
	32	23	6225-0138	—	6225-0139	6225-0140	6225-0141	6225-0142	—	—		
45	22	16	—	—	6225-0202	6225-0203	—	—	—	—		
	27	20	—	6225-0201	6225-0205	6225-0206	6225-0207	6225-0208	—	—		
	32	23	—	—	—	6225-0210	6225-0211	6225-0212	—	—		
	40	29	—	—	—	—	6225-0214	6225-0215	6225-0216	6225-0217		
50	22	16	—	—	6225-0143	6225-0144	—	—	—	—		
	27	20	—	—	—	6225-0145	6225-0146	6225-0147	—	—		
	32	23	—	—	—	6225-0148	—	—	—	—		
50	32	23	—	—	—	—	6225-0149	6225-0150	6225-0151	6225-0152		
	40	29	—	—	—	—	6225-0153	6225-0154	6225-0155	6225-0156		

Примечание. Оправки могут комплектоваться поддерживающими втулками по ГОСТ 15072-75

Таблица VI.4

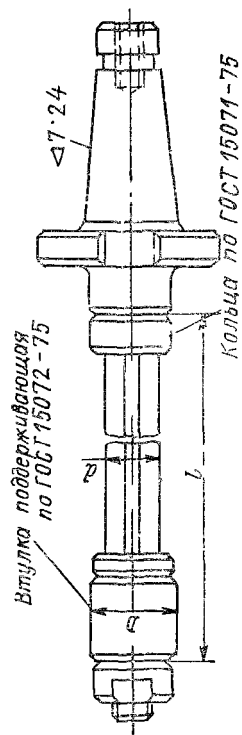
Оправки центровые с цилиндрической напфой и хвостовиком с конусом Морзе (ГОСТ 15069—75)



Конус Морзе	Диаметры, мм		Типоразмеры для L, мм							
	d	d ₁	100	160	200	250	315	400		
2	13	10	6224-0252	6224-0252	—	—	—	—	—	
3	16	13	—	6224-0253	—	6224-0254	—	—	—	
	22	16	—	6224-0255	—	6224-0256	6224-0257	—	—	
	27	20	—	—	6224-0258	—	6224-0259	—	—	
4	16	13	—	6224-0260	—	6224-0271	—	—	—	
	22	16	—	6224-0261	—	6224-0262	6224-0263	—	—	
	27	20	—	6224-0264	—	6224-0265	6224-0266	6224-0267	—	
	32	23	—	—	—	6224-0268	6224-0269	6224-0270	—	

Примечание. Оправки могут комплектоваться поддерживающими втулками по ГОСТ 15072—75

Опалки с поддерживающей втулкой и хвостовиком (по ГОСТ 15068—75)



Обозначение конуса шпинделя	Диаметры, мм		315	400	r	630	800	1000
		D						
40	22	45, 55, 71	6225-0171	6225-0172 6225-0173 6225-0175	6225-0174 6225-0176	---	---	---
	27	45, 55, 71						
	32	55, 71						
45	22	45, 55, 71	6225-0190	6225-0191 6225-0192 6225-0194 6225-0197	6225-0193 6225-0195 6225-0196 6225-0198	---	---	---
	27	45, 55, 71						
	32	55, 71						
	40	55, 71						
50	27	45, 55, 71	6225-0177	---	6225-0178 6225-0179 6225-0181	---	---	---
	32	55, 71						
	40	55, 71						
	50	71, 140						
	60	140						

Габариты для L, мм

Примечание. Поддерживающие втулки изготавливаются по ГОСТ 15072—75.

VI.3. Составление и закрепление наборов фрез

Группу фрез, специально подобранных и установленных на общей оправке для одновременной обработки поверхностей заготовок, называют *набором фрез*. Наборы состояются из стандартных инструментов, но могут изготавливаться и с применением специально для этой цели спроектированных фрез.

При составлении набора необходимо соблюдать определенные условия.

1 Осевая сила должна быть уравновешена путем правильного сочетания и установки фрез с винтовыми зубьями (рис VI.1). Неуравновешенную часть составляющей силы резания следует направить в сторону шпинделя станка.

2 При обработке пазов и внутренних поверхностей фрезы должны иметь также направление винтовых зубьев, при котором обеспечивается лучший отвод стружки (рис VI.1).

3 Для предупреждения вибраций необходимо обеспечить равномерность фрезерования. Это достигается смещением зубьев одной фрезы относительно другой за счет изменения расположения шпоночного гнезда фрезы, если обычный подбор этого сделать не позволяет (рис VI.2).

4 С целью повышения жесткости закрепления набора рекомендуется применять дополнительную опору за счет установки второй سریи на хоботе станка.

5 Обработка набором фрез значительно повышает расходную мощность на резание, как привода, так и привода подачи. Во избежание поломок нужно расчетным путем сопоставить потребную нагрузку с допустимой по паспорту станка.

6 Скорость резания должна назначаться соответственно фрезе наибольшего диаметра в наборе.

Горизонтально расположенные поверхности закрепления на стачке заготовки обрабатываются зубьями цилиндрических частей фрез набора. Из этого следует, что достижение точных размеров, закрытых допусков, между такими поверхностями, расположенными на разных уровнях, как правило, возможно только путем предварительного шлифования соответствующих фрез по их наружному диаметру.

Для представленного на рис VI.3, а случая фрезерования уступа исполнительные диаметры фрез можно определять по формулам

$$D = (D_{\text{ном}} + \Delta - 2\delta) - 2(\Delta - \delta); \quad (23)$$

$$D_1 = (D + 2A + \Delta - 2\delta) - 2(\Delta - \delta); \quad (24)$$

$$H = (A + \delta - \Delta) + 2(\Delta - \delta). \quad (25)$$

Здесь $D_{\text{ном}}$ — диаметр меньшей фрезы, принимаемый при ее конструировании; D и D_1 — исполнительные номинальные диаметры фрез; Δ — половина допуска на размер A ; δ — допустимое биение фрез (см табл VII.5); $H = (D_1 - D)/2$; $2(\Delta - \delta)$ — допуски на обработку диаметров D , D_1 и размера H .

В тех случаях, когда допуск на размер A уступа задается на чертеже несимметрично, необходимо для возможности

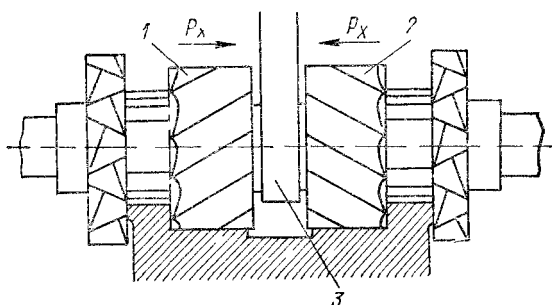


Рис. VI.1

Набор фрез уравниванием составляющих сил резания, направленных вдоль оси оправки; 1, 2 — фрезы соответственно с левым и правым наклоном зубьев; 3 — дополнительная опора — серия

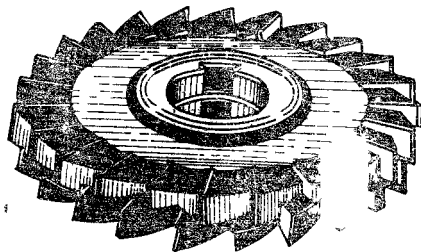


Рис. VI.2.

Набор дисковых фрез со смещенными зубьями и соответствующим этому расположением шпоночных пазов

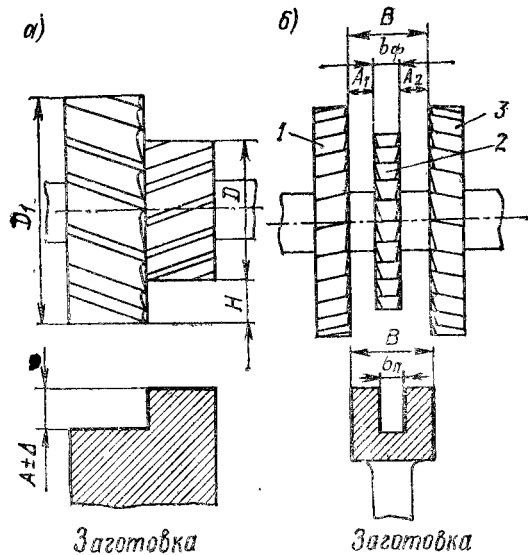


Рис. VI.3.
Примеры наборов фрез с указанным рассчитываемых размеров

использования формул (23)—(25) произвести пересчет размера A таким образом, чтобы допуск на него оказался расположенным симметрично.

Пример 1. Дано:

$$D_{\text{ном}} = 100 \text{ мм}; \quad A = 15 \pm \pm 0,25 \text{ мм}; \quad \delta \leq 0,05 \text{ мм}.$$

1. По формуле (23)

$$D = (100 + 0,25 - - 2 \cdot 0,05)_{-2(0,25-0,05)} = = 100,15_{-0,4} \text{ мм}.$$

2. По формуле (24)

$$D_1 = (100 + 2 \cdot 15 + + 0,25 - 2 \cdot 0,05)_{-2(0,25-0,05)} = = 130,15_{-0,4} \text{ мм}.$$

3. По формуле (25)

$$H = (15 + 0,05 - - 0,25)_{+2(0,25-0,05)} = = 14,8^{+0,4} \text{ мм}.$$

Расчет осевых размеров проследим на примере фрезерования паза и двух боышек рычага одной дисковой трехсторонней фрезой 2 и двумя двухсторонними фрезами 1 и 3 (рис. VI.3, б).

Для того чтобы определить расстояния между фрезами, по которым нужно произвести подбор установочных колец, необходимо сначала определить $b_{\text{ф}}$ — ширину дисковой фрезы 2, а затем — расстояние между фрезами 1 и 3. Размеры фрезы 2 рассчитываются в зависимости от наибольшей и наименьшей ширины паза и ряда других факторов по формулам:

$$\left. \begin{aligned} b_{\text{ф. нб}} &= b_{\text{п. нм}} + \delta b_{\text{п}} - (\Delta_6 + \Delta_{\text{ф}}); \\ b_{\text{ф. нм}} &= b_{\text{п. нм}} + \delta b_{\text{п}} - (\Delta_6 + \Delta_{\text{ф}}) - \delta b_{\text{ф}}. \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

где $b_{\text{ф. нб}}$ и $b_{\text{ф. нм}}$ — соответственно наибольшая и наименьшая ширина фрезы; $b_{\text{п. нм}}$ — наименьшая ширина паза по чертежу детали; $\delta b_{\text{п}}$ — допускаемое отклонение на ширину паза по чертежу; Δ_6 — величина торцевого биения фрезы; $\Delta_{\text{ф}}$ — погрешность обработки («разбивание» паза); $\delta b_{\text{ф}}$ — допустимое отклонение на изготовление фрезы (по ширине).

Величину разбивания паза $\Delta_{\text{ф}}$ в зависимости от биения торца фрезы Δ_6 можно принять на основе следующих установленных практикой соотношений:

D	Δ_6	$\Delta_{\text{ф}}$
мм		
До 50	0,03	0,06
50—125	0,05	0,09
Св 125	0,08	0,12

Значения торцевого биения фрез устанавливаются ГОСТами; они зависят от диаметра фрез. Для дисковых трехсторонних фрез можно пользоваться приведенными

Т а б л и ц а V I . 6

Допустимые отклонения δb_{ϕ} в зависимости от допуска на ширину паза. Размеры, мм

$b_{\text{п}}$ мм	$\delta b_{\text{п}}$	δb_{ϕ}	$b_{\text{п}}$ мм	$\delta b_{\text{п}}$	δb_{ϕ}
мм			мм		
3—6	+0,08 +0,16 +0,3	-0,02 -0,05 -0,1	11—18	+0,12 +0,24 +0,3	-0,03 -0,05 -0,1
7—10	+0,1 +0,2 +0,3	-0,03 -0,04 -0,1	19—30	+0,14 +0,28 +0,3	-0,04 -0,06 -0,1

ранее данными, стр. жающими зависимость биения от диаметра фрезы. Допустимые отклонения на изготовление фрезы δb_{ϕ} представлены в табл. VI.6.

Расстояние между фрезами 1 и 3 зависит прежде всего от размера B детали (рис. VI.3, б). Кроме того, на этот размер оказывают влияние следующие факторы: погрешность обработки (разбивание) Δ_{ϕ} ; биение торцевых зубьев фрезы Δ_{ϕ} ; износ фрез $\Delta_{\text{и}}$; погрешность установки фрез $\Delta_{\text{уст}}$. Допуск на размер B

$$\delta B = 2\Delta_{\phi} + 2\Delta_{\phi} + 2\Delta_{\text{и}} + 2\Delta_{\text{уст}}$$

Отсюда можно определить допуск на износ торцевых зубьев фрез 1 и 3

$$\Delta_{\text{и}} = 0,5(\delta B - \Delta_{\text{уст}}) - (\Delta_{\phi} + \Delta_{\phi}) \quad (27)$$

Величину $\Delta_{\text{уст}}$ принимают на основе статистических (опытных) данных. Установочный (паладочный) размер B' определяется по формулам:

$$\left. \begin{aligned} B'_{\text{нб}} &= B_{\text{нм}} + \delta B - 2(\Delta_{\phi} + \Delta_{\phi} - \Delta_{\text{и}}); \\ B'_{\text{нм}} &= B_{\text{нм}} + \delta B - (\Delta_{\phi} + \Delta_{\phi} - \Delta_{\text{и}}) - \Delta_{\text{уст}} \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

Для подбора установочных колец, в данном случае симметричной установки фрез: $A_1 = A_2 = A$, находим:

$$A_{\text{нб}} = 0,5(B'_{\text{нб}} - b_{\phi, \text{нм}}); \quad A_{\text{нм}} = 0,5(B'_{\text{нм}} - b_{\phi, \text{нб}}) \quad (29)$$

Пример 2. Требуется рассчитать набор из трех фрез для обработки детали по рис. VI.3, б. Заданы размеры: $A_1 = A_2 = 10$ мм; $b_{\text{п}} = 10^{+0,1}$ мм; $B = 30_{-0,1}$ мм. Диаметры фрез 1 и 3 100 мм, фрезы 2 60 мм.

1. По данным, приведенным на с. 126, определяем:

для фрезы 2 $\delta b_{\phi} = 0,05$ мм и $\Delta_{\phi} = 0,09$ мм;

для фрез 1 и 3 $\delta b_{\phi} = 0,05$ мм и $\Delta_{\phi} = 0,09$ мм.

2. По данным табл. VI.6 для фрезы 2 $\delta b_{\phi} = -0,03$ мм.

3. По формулам (26):

$$b_{\phi, \text{нб}} = 10 + 0,1 - (0,05 + 0,09) = 9,96 \text{ мм};$$

$$b_{\phi, \text{нм}} = 10 + 0,1 - (0,05 + 0,09) - 0,03 = 9,93 \text{ мм}.$$

4. По формуле (27), принимая (условно) $\Delta_{\text{уст}} = 0,05$ мм, определяем

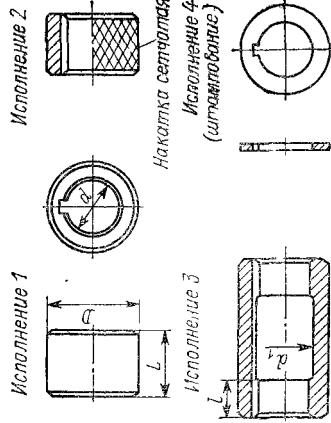
$$\Delta_{\text{и}} = 0,5(0,4 - 0,05) - (0,09 + 0,05) = 0,03 \text{ мм}.$$

5. По формулам (28):

$$B_{\text{нб}} = 29,6 + 0,4 - 2(0,09 + 0,05 + 0,03) = 29,66 \text{ мм};$$

$$B'_{\text{нм}} = 29,6 + 0,4 - 2(0,09 + 0,05 + 0,03) - 0,05 = 29,63 \text{ мм}.$$

Установочные кольца к центровым оправкам горизонтально-фрезерных станков. Размеры, мм (ГОСТ 15071-75)



d ₁ , мм	Исполнение																
	1				2				3				4				
	L																
13	0777	0778	0779	0780	0781	0782	0783	0784	0785	0786	0787	0788	0789	0790	0791	0792	0793
16	0790	0791	0792	0793	0794	0795	0796	0797	0798	0799	0800	0801	0802	0803	0804	0805	0806
22	0804	0805	0806	0807	0808	0809	0810	0811	0812	0813	0814	0815	0816	0817	0818	0819	0820
27	0817	0818	0819	0820	0821	0822	0823	0824	0825	0826	0827	0828	0829	0830	0831	0832	0833
32	0831	0832	0833	0834	0835	0836	0837	0838	0839	0840	0841	0842	0843	0844	0845	0846	0847
40	0845	0846	0847	0848	0849	0850	0851	0852	0853	0854	0855	0856	0857	0858	0859	0860	0861
50	0859	0860	0861	0862	0863	0864	0865	0866	0867	0868	0869	0870	0871	0872	0873	0874	0875
60	0873	0874	0875	0876	0877	0878	0879	0880	0881	0882	0883	0884	0885	0886	0887	0888	0889

Пример условного обозначения кольца исполнения 4 d₁ = 27 мм и L = 0,10 мм. Кольцо 6030-0842
 ГОСТ 15071-75 Первое число, т. е. 6030, остается неизменным для колец всех исполнений и размеров.
 Диаметр d₁ и L вышележащие торцевых поверхностей колец относительно оси отверстия при соотношениях длины кольца к внутреннему диаметру 1 - 1 и выше не должны быть более 2/3 допуска на изготовление отверстия.

6. По формулам (29):

$$A_{\text{нб}} = 0,5 (29,66 - 9,93) = 9,86 \text{ мм};$$

$$A_{\text{нм}} = 0,5 (29,63 - 9,96) = 9,83 \text{ мм}.$$

Установочные кольца (табл. VI.7) имеют конструктивное оформление в четырех исполнениях (1, 2, 3 и 4). Для того чтобы быстро составить комплект колец требуемого размера, нужно начинать комплектовку с тонких колец, содержащих сотые и десятые доли миллиметра, и подбирать их таким образом, чтобы остаток составлял целое число миллиметров. Затем следует взять кольцо наибольшей ширины (содержащейся в остатке), после чего — еще одно кольцо, дополняющее набор до заданной суммы. При всех условиях желательно составлять комплект из возможно меньшего числа колец.

Пример 3. Составить комплект колец шириной 9,86 мм (см. пример 2).

Возьмем кольцо 1,06 мм, после чего остаток будет равен 8,8 мм. Его можно составить из четырех колец: 1,0; 1,3; 1,5 и 5. Таким образом, весь набор будет скомплектован из пяти колец точного комплекта.

$$A = 1,06 + 1,0 + 1,3 + 1,5 + 5,0 = 9,86 \text{ мм}.$$

Некоторое распространение получили регулируемые распорные кольца, позволяющие точно установить фрезы набора (рис. VI.4). В этом случае сначала набирают несколько нормальных установочных колец на длину, несколько меньшую разности заданного расстояния между фрезами и минимальной ширины регулируемого кольца (муфты), после чего с помощью муфты производят регулирование расстояния между фрезами на заданный размер.

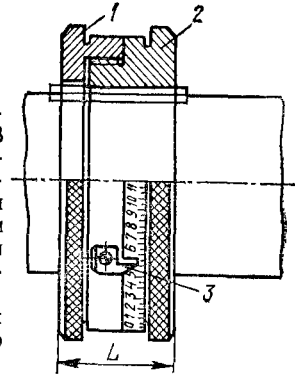


Рис. VI.4.

Регулируемое распорное кольцо:

1 — гайка; 2 — основание кольца с делениями; 3 — указатель отсчета

VI.4. Закрепление концевых и торцевых фрез

Концевые фрезы с цилиндрическим хвостовиком устанавливаются и закрепляются путем применения цанговых патронов. Цанговые патроны изготавливаются с хвостовиками конусностью 7 : 24 и с конусом Морзе. Для обоих типов производятся унифицированные цанги. Конструкция и размеры патронов и цанг приведены в табл. VI.8.

Втулки переходные для концевых фрез с коническими хвостовиками производятся с наружным конусом Морзе и конусностью 7 : 24 (табл. VI.9).

Набор втулок позволяет устанавливать в шпинделях различных металлорежущих станков фрезы с коническими хвостовиками от конуса Морзе 1 до конуса Морзе 6. Втулки с отжимной гайкой обеспечивают облегченный съем втулки с инструментом. Втулки с наружным конусом 7 : 24 имеют фланец с пазами, которыми они соединяются с шпинделями на торце шпинделя станка при их установке. Использование этих втулок требует обязательного закрепления их шомполом, который затягивает втулку в гнездо шпинделя.

Втулки переходные с наружным конусом 7 : 24 и торцевым пазом используются для установки различных оправок и патронов, хвостовики которых имеют конус Морзе и лыску.

Быстродействующие патроны целесообразно применять в условиях обработки с частой сменой инструментов. Патроны позволяют осуществлять смену фрез без необходимости использовать шомпол, что значительно экономит время.

На рис. VI.5 показаны два патрона для закрепления концевых фрез с коническими хвостовиками.

В первом патроне (рис. VI.5, а) фреза предварительно закрепляется в переходной втулке 2 винтом 4. Втулка 2 имеет на своем фланце два выступа (второй на рисунке не показан). С закрепленным инструментом втулка вставляется в конусное отверстие корпуса 3 патрона, закрепленного в шпинделе станка шомполом, и затя-

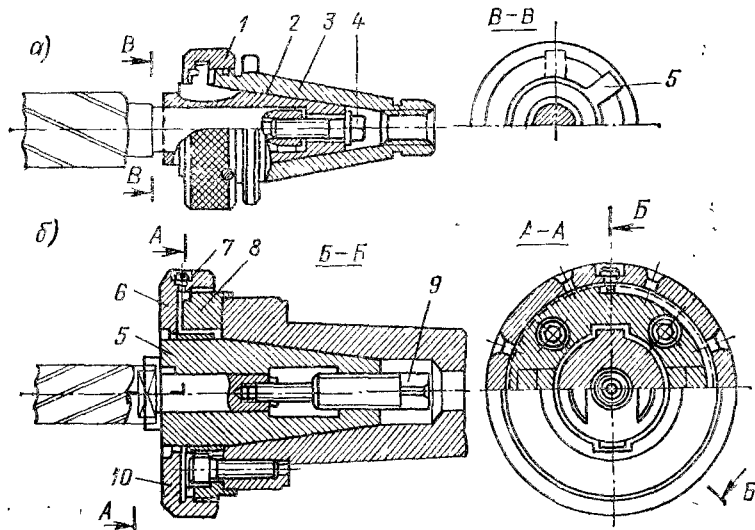


Рис. VI.5.

Быстросменные патроны для концевых фрез

живается гайкой 1. Во фланце гайки 1 имеются прорезы, соответствующие выступам на фланце втулки 2. Это позволяет, не отвинчивая полностью гайку 1, а только совместив ее прорезы 5 с выступами, установить втулку на место, затем поворотом гайки на некоторый угол затянуть втулку с инструментом в конусное гнездо.

Второй патрон (рис. VI.5, б) имеет переходный фланец 8, закрепляемый четырьмя винтами 10 к торцу шпинделя станка. Шипы шпинделя входят в пазы фланца 8 и передают ему крутящий момент. Отверстие фланца имеет два паза, соответствующие двум выступам на втулке 5. Фреза предварительно устанавливается в отверстие втулки 5 и закрепляется винтом 9.

На наружную резьбу фланца 8 накручена гайка 6, в ней имеется винт 7, цилиндрическое окончание которого входит в канавку, образованную на цилиндрической поверхности фланца. Канавка занимает только половину окружности фланца. Винт 7 ограничивает поворот гайки 6 половиной окружности.

Фланец гайки 6 имеет два паза, такие же, как у фланца 8. Совместив пазы гайки и фланца, втулку 5 с фрезой можно вставить в гнездо шпинделя. Повернув затем гайку 6 по часовой стрелке, затягивают втулку 5, закрепляя ее и инструмент. Подобные патроны нормализованы. По нормали машиностроения МН 5553—64 выполняется шесть типоразмеров патронов с внутренним конусом Морзе от 1 до 4 и для концов шпинделей 40 и 50.

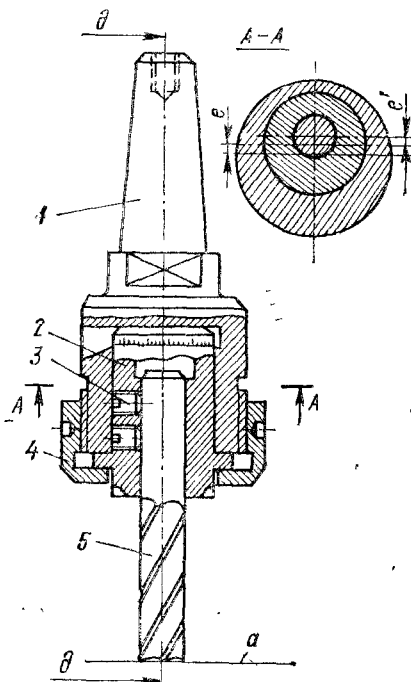
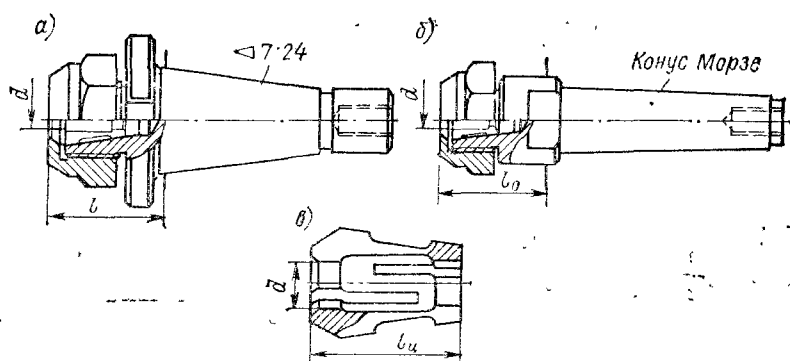


Рис. VI.6.

Эксцентриковый патрон

Таблица VI.8

Патроны и цанги для концевых фрез с коническим хвостовиком, конструкция и размеры, мм



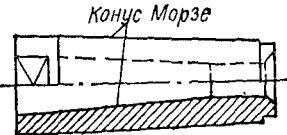
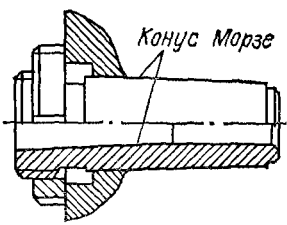
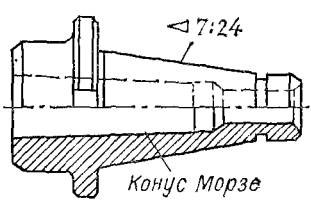
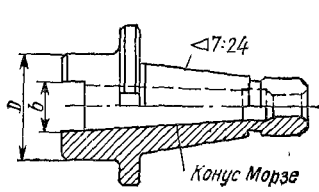
Патрон с хвостовиком конуса 7:24 (МН 25—64)				Патрон с хвостовиком конуса Морзе (МН 26—64)				Цанги к патронам (МН 27—64)		
Обозначение	Обозначение конца шпинделя		l	Обозначение	Конус Морзе	l		Обозначение	d	l
6151-0001	40	3—12	42,6	6151-0021	3	3—12	47,5	6113-0001	3	28
								6113-0002	4	
6151-0002	50	14—20	63,2	6151-0022	4	14—20	62,3	6113-0003	5	
								6113-0004	6	
								6113-0005	8	
6151-0003	14—20	63,2	6151-0023	14—20	62,3	14—20	62,3	6113-0006	10	
								6113-0007	12	
								6113-0008	14	
								6113-0009	16	
								6113-0010	18	40
								6113-0011	20	

Эксцентрикковые патроны применяются для фрезерования шпоночных гнезд и других мерных и точных пазов немерными концевыми фрезами. Использование патронов позволяет значительно сократить номенклатуру режущих инструментов. На рис. VI.6 показан один из таких патронов.

Хвостовиком *l* патрон закрепляется в шпинделе станка. В корпусе патрона имеется глухое отверстие, ось которого смещена относительно оси вращения патрона

Таблица VI.9

Втулки переходные для концевых фрез с коническими хвостовиками

Втулки переходные	Обозначение	Конус Морзе		Обозначение конца шпинделя	
		отвер- стия	наружный		
По ГОСТ 13789—68 	6101-0071 6101-0072	1 2	3	—	
	6101-0073 6101-0074	2 3	4		
	6101-0075 6101-0076 6101-0077	2 3 4	5		
	6101-0078 6101-0079 6101-0080	3 4 5	6		
По ГОСТ 13792—68 с отжимной гайкой 	6101-0091 6101-0092	1 2	3	—	
	6101-0093 6101-0094	2 3	4		
	6101-0095 6101-0096 6101-0097	2 3 4	5		
По ГОСТ 13790—68 	6103-0001 6103-0002	2 3	—	40	
	6103-0003 6103-0004 6103-0005	3 4 5		50	
	6103-0007 6103-0008	5 6		60	
По ГОСТ 13791—68 с торцевым па- зом для оправок 	6103-0021	2	Размер паза В, мм	19	40
	6103-0022	3		24	
	6103-0023	3		50	
	6103-0024	4		60	
	6103-0026	4		70	60

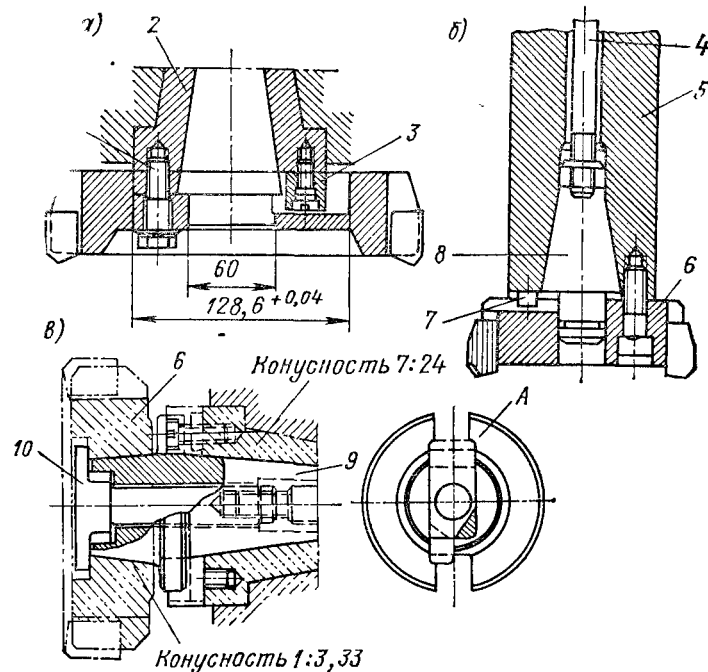


Рис. VI.7.

Способы крепления больших насадных торцевых фрез — головок

на величину e . Ось отверстия под цилиндрический хвостовик фрезы 5 во втулке 2 также смещена на величину e' .

Вследствие двойного эксцентриситета при поворачивании втулки 2 в корпусе патрона ось закрепленной в ней фрезы будет удаляться от оси вращения шпинделя или приближаться к ней. Соответственно этому будет изменяться ширина фрезеруемого паза. Фреза закреплена во втулке двумя винтами 3 , а втулка заплечиками гайки 4 прижата к корпусу патрона. Чтобы облегчить установку и смещение оси фрезы, на втулке имеются деления, которые видны через оконце в корпусе патрона (на рисунке не показано); в нем же имеется нулевая риска для отсчета. Фрезу нужно закреплять во втулке 2 таким образом, чтобы ее зуб (на линии a торцевой плоскости) был расположен в общей диаметральной плоскости ($d-d$) с нулевым делением. Диаметр фрезы при работе с рассмотренным патроном берется меньше номинальной ширины паза на $0,1-0,15$ мм.

Закрепление насадных торцевых фрез осуществляется при помощи стандартизованных консольных оправок. Конструкции, основные размеры и обозначения консольных оправок для насадных фрез приведены в табл. VI.10—VI.12.

Торцевые фрезы больших диаметров — $250-630$ мм (так называемые головки) — с цилиндрическими посадочными отверстиями могут закрепляться непосредственно на шпинделе (рис. VI.7, а) станка. Они центрируются наружной цилиндрической поверхностью шпинделя, закрепляются четырьмя болтами 1 на его торце и ведутся шипами 3 шпинделя, входящими в пазы корпуса фрезы.

Другим способом крепления является центрирование фрезы переходной оправкой (рис. VI.7, б). Здесь фреза 6 посадочным отверстием насаживается на цапфу оправки 8 , затянутой в гнездо шпинделя 5 штробелем 4 . Фреза крепится к торцу шпинделя четырьмя винтами и ведется шипами 7 , находящимися на его торце. Более точное и жесткое крепление достигается посадкой корпуса фрезы 6 (рис. VI.7, в) своим посадочным коническим отверстием на наружную конусную поверхность оп-

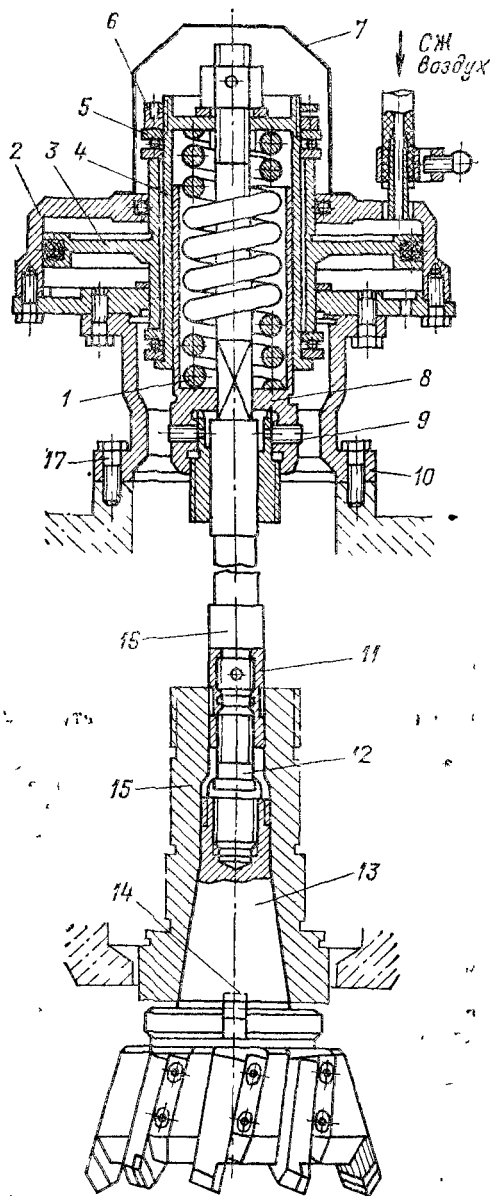


Рис. VI 8.
Пневмошомпольный зажим инструмента

равки 9. В этом случае оправка затягивается в гнездо шпинделя штробелем, а ведется шипами на торце шпинделя, входящими в пазы на ее фланце. Корпус фрезы, в свою очередь, затягивается на корпус оправки горцевым винтом 10.

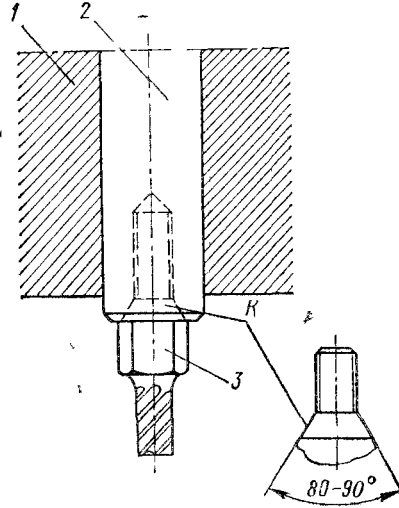
Установка и смена режущего инструмента на фрезерных станках занимает значительное время; особенно оно велико в условиях крепления штробелем на вертикальных консольных и бесконсольных станках. Если не представляется возможным модернизировать эти станки, оборудовав их пневмошомпольными устройствами, то следует внимательно отнестись к обеспечению каждого из этих рабочих мест фрезеровщика наборами специальных накидных ключей для завинчивания в их встречающихся в практике работы гаек и винтов, закрепляющих фрезы и оправки к ним

Пневмошомпольные или механизированные шомпольные зажимы значительно облегчают труд и сокращают время, затрачиваемое на смену инструмента. Механизированный зажим, автоматически закрепляющий инструмент на современных фрезерных станках с ЧПУ, показан и описан в гл. III.

На рис. VI.8 изображен один из пневмошомпольных механизмов зажима. Корпус 10 механизма болтами 17 закреплен на верхнем торце ползуна шпинделя. Стакан 8, внутри которого размещена пружина 1 с шомполом 16, резьбой соединен с верхним концом шпинделя 15 станка и застопорен винтами 9. Второй наружный стакан 4 вмещает в себя стакан 8 и, в свою очередь, входит в центральное отверстие ступицы корпуса поршня 3. С ним он соединен двумя радиально-упорными шарикоподшипниками 5, закрепленными гайкой 6, накрученной на резьбу в верхнем конце стакана 4. При вращении шпинделя 15 станка шомпол 16, стаканы 8 и 4 с пружиной также свободно вращаются. Поршень 3 работает в пневмоцилиндре 2, который жестко соединен с корпусом 10 механизма рядом болтов. Крышкой 7 закрыты выступающие наружу части поршня и стакан 4. Механизм работает следующим образом,

Рис. VI.9.
Крепление концевых фрез с резьбовым хвостовиком

1 — быстросменный или цанговый патрон, 2 — цилиндрический переходной хвостовик, 3 — фреза, К — конусы фаски

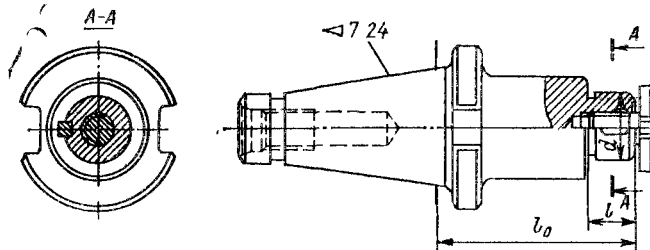


В хвостовик оправки 13 свернут переходник 12, который, в свою очередь, свернут во втулку 11 так, чтобы на 14 фланца оправки расположился против шипа на торце шпинделя. Поворотом рукоятки пневмокрana (на рисунке не показан) воздух выпускается из цилиндра 2, и освобожденная пружина 1 шомполом 16 затягивает хвостовик оправки 13 с фрезой в гнездо шпинделя. Чтобы освободить фрезу, рукоятка пневмокрana переводится в положение впуска воздуха; при этом поршень 3 под давлением сжатого воздуха сжимает пружину 1 и движением шомпола 16 вниз выводит хвостовик оправки из гнезда шпинделя.

Концевые фрезы с резьбовыми хвостовиками, изготавливаемые по ГОСТ 20539—75*, обычно крепятся в цанговых патронах (см. табл. VI.7). Для этого в цанге патрона закрепляется съемный цилиндрический хвостовик (рис. VI.9), на наружном (нижнем) торце которого имеется резьбовое отверстие под резьбу на хвостовике самой фрезы. Отверстие имеет широкую направляющую фаску, такую же, как хвостовик фрезы, и точно соосную оси цилиндрической части. Такое крепление обеспечивает быстросменность инструмента.

Таблица VI.10

Оправки с продольной шпонкой и хвостовиком конусностью 7:24, конструкция и размеры, мм (ГОСТ 13786—68*)



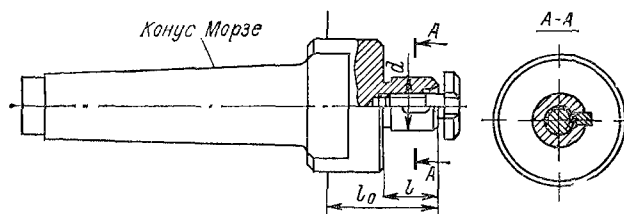
Обозначение	d	l	l ₀	Обозначение конца шпинделя
6222-0051	16	16	56,6	40
6222-0052	16	16	86,6	
6222-0053	22	18	66,6	
6222-0054	22	18	96,6	
6222-0055	27	22	76,6	
6222-0056	27	22	116,6	
6222-0057	32	26	86,6	
6222-0058	32	26	146,6	

Продолжение табл VI.10

Обозначение	a	l	l_0	Обозначение конца шпинделя
6222-0059	22	18	73,2	50
6222-0060	22	18	113,2	
6222-0061	27	22	83,2	
6222-0062	27	22	123,2	
6222-0063	32	26	93,2	
6222-0064	32	26	153,2	
6222-0065	40	28	113,2	60
6222-0066			173,2	
6222-0067			113,2	
6222-0068			173,2	
6222-0069	50	34	133,2	
6222-0070			193,2	

Таблица VI.11

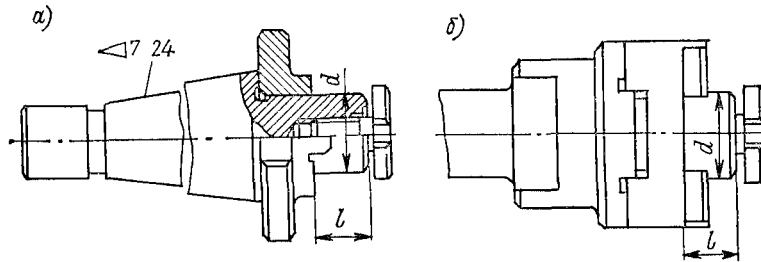
Оправки с продольной шпонкой и хвостовиком с конусом Морзе,
конструкция и размеры, мм (ГОСТ 13787-68*)



Обозначение	a	l	l_0	Конус Морзе
6220-0001	16	16	31	2
6220-0002	16	16	32	
6220-0003	22	18	37	3
6220-0004	27	22	37	
6220-0006	32	26	47	4
6220-0008	22	18	42,5	
6220-0009	27	22		
6220-0011	32	26	62,5	
6220-0012	40	28		

Таблица VI.12

Оправки с торцевыми шпонками для насадных торцевых фрез,
конструкция и размеры, мм



Обозначение	<i>a</i>		Обозначение конца шпинделя
6222-0031	22	18	40
6222-0032	27		
6222-0033	22		
6222-0034	27		
6222-0035	32	22	50
6222-0036	32	26	
6222-0037	40	22	
6222-0038	40	30	
6222-0039	50	25	
6222-0040	50	32	
6222-0041	40	22	60
6222-0042	40	30	
6222-0043	50	25	
6222-0044	50	32	
6220-0022	22	18	Конус Морзе
6220-0023	27		3
6220-0025	22		4
6220-0026	27		
6220-0027	32		
6220-0028	40		
6220-0029	32	26	30
6220-0030	40	30	

Примечания: 1 Оправки с хвостовиками с конусом Морзе применяются с переходными втулками по ГОСТ 13791—68* 2 Рис а — ГОСТ 13785—68, рис б — ГОСТ 13788—68

Глава VII

ЗАТОЧКА ФРЕЗ

VII.1. Способы и правила заточки

Заточка имеет целью восстановить у инструментов режущую способность, их стойкость и возможность образовывать поверхности в пределах заданной шероховатости. Она может осуществляться поэлементно, т. е. когда обработка каждой рабочей поверхности ведется раздельно, и контурно — когда круг автоматически обходит главные рабочие поверхности. При этом применяются методы абразивной, алмазной, эльборово-абразивной и абразивно-эрозионной обработки.

Заточка и доводка фрез производится: на универсально-заточных станках с ручным управлением таких моделей, как ЗА64М, ЗА64Д и ЗВ642; на заточных полуавтоматах моделей ЗЕ667, ЗЕ667К для торцевых фрез, ВЗ-126 для дисковых трехсторонних и торцевых фрез, З685Б, З685Г для концевых фрез и ЗБ690 для затачивания отрезных и прорезных фрез. Заточку целесообразно вести с применением специальных СОЖ, что позволяет повысить стойкость инструмента в 1,2—1,8 раза, производительность обработки в 1,5—2 раза, а также улучшить качество заточки.

Существующие универсально-заточные станки не приспособлены для использования СОЖ из-за непосредственного воздействия жидкости на работающего. Этот недостаток может быть устранен модернизацией станков, позволяющей свести воздействие СОЖ к минимально допустимому (изменение вращения круга, перенос пульта и рукояток управления и изменение рабочего места).

Сильно затупившиеся фрезы, как правило, предварительно шлифуют по цилиндрической поверхности на кругло-шлифовальном станке до удаления следов изнашивания, а затем затачивают по передней или задней поверхности зубьев.

Фрезы с остроконечной формой зубьев затачивают по задней поверхности (рис. VII.1) кругом чашечной (ЧЦ, ЧК) или тарельчатой (1Т, 2Т, 3Т) формы. Одновременно при этом обеспечивается получение необходимого угла α . Ось тарельчатого (или чашечного) круга при заточке устанавливают не перпендикулярно к оси фрезы, а под углом $89—88^\circ$, чтобы круг в процессе обработки вступал в контакт с металлом фрезы только на небольшом участке своей кольцевой рабочей поверхности.

В вертикальной плоскости зуб фрезы смещают относительно горизонтального положения диаметральной плоскости фрезы, чтобы образовать положительный задний угол α . Значение угла характеризует величина H (рис. VII.1, а), определяемая из прямоугольного треугольника OAB :

$$H = 0,5D \sin \alpha, \quad (30)$$

где D — диаметр затачиваемой фрезы.

Положение зуба фрезы при заточке фиксируется упором I , сделанным из пружинной стальной ленты. Место установки этого упора должно быть возможно ближе к вершине затачиваемого зуба. Этим обеспечивается получение наименьшей ошибки в значении угла α , а также облегчение отжатия упора при переходе на заточку следующего соседнего зуба (поворотом в направлении стрелки K). Величина H достигается регулированием упора I по высоте.

Заточка зуба по передней поверхности производится при наличии на ней выраженных следов изнашивания. Однако при заточке фрез для особо точной обработки даже в тех случаях, когда всего один зуб нуждается в заточке передней поверхности,

рекомендуется осуществлять равномерное стачивание передних поверхностей у всех зубьев, чтобы не было нарушено равновесное участие каждого зуба.

Заточка передних поверхностей осуществляется тарельчатым кругом (рис. VII.1, б). Если рабочую поверхность круга установить в диаметральной плоскости фрезы, то значение переднего угла γ будет равно нулю. Для получения положительного значения переднего угла γ необходимо рабочую поверхность круга (тсрцевую) сместить относительно диаметральной плоскости фрезы на некоторое расстояние H_1 , которое определяют из прямоугольного треугольника OAB :

$$H_1 = 0,5D \sin \gamma. \quad (31)$$

Таким образом затачиваются фрезы с затылованными зубьями.

Цилиндрические фрезы с винтовыми зубьями затачиваются по задней и передней поверхностям по аналогичным схемам, но к движению инструмента вдоль его оси (продольная подача) присоединяется одновременный его поворот на ту часть полного оборота, которая соответствует части шага винтовых канавок, приходящейся на всю длину фрезы. В этих случаях передняя поверхность зуба, который фиксируется упором, становится, к тому же, копиром.

Цилиндрические и дисковые фрезы, имеющие небольшие углы наклона ω , шлифуются по окружности плоскими шлифовальными кругами (форма ПП) с расположением оси круга параллельно оси фрезы. При больших углах ($\omega = 30 \div 45^\circ$) ось шлифовального круга устанавливается под углом μ , значение которого определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \mu = \operatorname{tg} \alpha \sin \omega. \quad (32)$$

Концевые и торцевые фрезы затачиваются аналогично. Сборные фрезы могут быть затачены на универсально-заточных станках. Однако в целях достижения приемлемых производительности и качества заточки сборные фрезы следует затачивать на специальных заточных станках-полуавтоматах либо на особых приспособлениях с закреплением вынутых ножей в кассетах. Окончательно заточенная фреза подвергается заключительной обработке — доводке. Доводка преследует цель возможно более полного устранения микронеровностей на рабочих поверхностях зубьев или, по крайней мере, значительного их уменьшения, а также придания лезвию инструмента слитной, высокоточной формы. Достигается это путем снятия с поверхности очень тонкого слоя материала (металла или сплава) — 5—10 мкм.

Доводка выполняется на специальных доводочных станках, где инструментом служит чугунный диск, вращающийся с окружной скоростью 1,2—2,0 м/с. Диск смазывается пастой, в состав которой входят (массовое содержание в %): 60—70 порошка карбида бора зернистостью 270—325 или зеленого карборунда той же зернистости и 30—40 парафина. Для лучшего удержания пасты на доводочном диске в нее добавляют 5—10 % окиси железа от общей массы пасты.

Современным средством, полностью заменяющим доводку фрез, является тонкое шлифование алмазными кругами на металлической связке с обязательным применением специальных СОЖ. Без СОЖ использовать алмазные круги на металлической связке запрещается.

VII.2. Выбор кругов и режимов резания при заточке

Средние значения слоя материала, стачиваемого за переточку, приведены в табл. VII.1. Выбор абразивных и алмазных кругов определяется в зависимости от материала режущей части фрезы и вида заточки (предварительная, комбиниро-

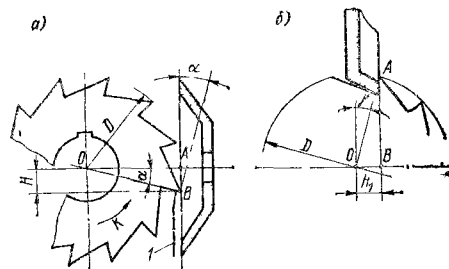


Рис. VII.1.

Схемы заточки фрез по задней (а) и передней (б) поверхностям

Таблица VII.

Средние значения стачиваемого слоя за одну переточку

Тип фрез		Стачиваемый слой, мм
Цельные из быстрорежущей стали	Цилиндрические	0,4—0,6
	Дисковые	0,3—0,5
	Угловые	0,2—0,3
	Концевые	0,2—0,3
Со вставными ножами	Горцевые	0,4—0,6 0,6—0,9
	Дисковые	0,4—0,7 0,5—0,7
С затупленным зубом		0,9—1,6

Таблица VII.

Выбор абразивных кругов для заточки

Материал режущей части инструмента	Характер заточки	Характеристика круга			
		Материал	Зернистость	Твердость	Связка
<i>Круглое шлифование по наружной поверхности фрезы</i>					
Сталь быстрорежущая закаленная	Предварительная Комбинированная Чистовая	ЭБ	46	С1—СМ1	К
		ЭБ	60	С1—СМ2	
		ЭБ	80	С1—СМ2	
Твердый сплав	Предварительная Комбинированная Чистовая	КЧ	46	СМ1	К
		КЗ	60	СМ1—М3	
		КЗ	80—100	М2—М3	
<i>Шлифование торцом круга (передней и задней поверхностями зубьев)</i>					
Сталь быстрорежущая закаленная	Предварительная Комбинированная Чистовая	ЭБ	24—36	М1—М2	К
		Э	36	С2—СМ2	Б
		ЭБ	36—46	СМ1—СМ2	К
Твердый сплав	Предварительная Комбинированная Чистовая	КЗ	46	М3	К
		КЗ	60	М1—М3	К
		КЗ	80—100	—	—
Примечание. ЭБ — электрокорунд белый; КЧ — карборунд черный; КЗ — карборунд зеленый; К — керамическая связка; Б — бакелитовая связка.					

Таблица VII.3

Выбор алмазных шлифовальных кругов для заточки и доводки режущей части инструмента из твердого сплава

Характеристика обработки	Характеристика круга			
	Марка	Зернистость	Концентрация, %	Связка
Круглое шлифование наружной поверхности	АСВ	80—63	100	М2
Чистовая заточка и доводка передней поверхности	АСД АСВ	63—60 100—80		МВ1; М013
Заточка и доводка задней поверхности	АСД АСВ	63—56 125—100		МВ1; М013; М5-5

ванная, чистовая, доводка). В табл. VII.2 и VII.3 приведены рекомендуемые характеристики кругов. Применение алмазных кругов на металлической связке рекомендуется в тех случаях когда припуск на заточку не превосходит 0,2—0,4 мм.

Предварительную заточку инструментов из твердых сплавов следует производить абразивными кругами из материала КЗ; в этом случае припуск на заточку не должен превышать 0,6—0,7 мм.

В качестве СОЖ, применение которых обязательно, при обработке алмазными кругами на металлической связке могут быть рекомендованы жидкости, имеющие следующие составы (массовое содержание в %):

1) для шлифования и заточки фрез из твердых сплавов (НИАТ ТР.1.4.110.77)— 0,7 триэтаноломина; 0,3С тринатрийфосфата; 0,25 соды кальцинированной; 0,28 буры;

Таблица VII.4

Параметры режимов резания при заточке и доводке алмазными кругами

Обрабатываемый материал	Связка круга	№ состава СОЖ	Скорость резания v , м/с	Подача	
				продольная, м/мин	поперечная, мм/дв. ход
Сталь быстрорежущая закаленная	Металлическая	1—2	25—30	1—2	0,03
	Органическая Керамическая	3	25—30	1—2	0,02
Твердый сплав	Металлическая	1	18—20	1—1,5	0,05
	Органическая Керамическая	3	25	1—1,5	0,03 0,05
Твердый сплав (круглое шлифование)	Металлическая	1	20—25 (v изделия 15 м/мин)	1—2	0,01— 0,02

0,1 натрия азотнокислого 0,1 вещества вспомогательного ОП-7 (смазочный); остальное — вода,

2) для чистового шлифования заточки и доводки фрез из твердых сплавов — эмульсола Укринол-1, 0,6 соды кальцинированной, остальное — вода

В качестве СОЖ при обработке алмазными кругами на керамической и органической связках рекомендуется для чистовой заточки и доводки фрез из твердых сплавов жидкость следующего состава (массовое содержание в %) 0,6 тринатрий-фосфата, 0,5 масла ализаринового 0,25 буры, 0,25 натрия азотнокислого, остальное — вода

В табл VII 4 указаны режимы резания рекомендуемые при заточке и доводке фрез, в зависимости от обрабатываемого материала инструмента и атмосферного круга

При работе с абразивными и алмазными кругами следует руководствоваться требованиями ГОСТ 12 2001—74 «Инструмент абразивный. Правила и нормы безопасной работы с ним»

VII.3. Проверка правильности заточенных фрез

После заточки и доводки фрезы подвергаются контролю на соблюдение технических требований по биению лезвий, геометрическим параметрам, размерам рабочей части инструмента и шероховатости поверхностей. В табл VII 5 приведены требования по биению после заточки торцевых и концевых фрез (ГОСТ 8529—69* и ГОСТ 17024—71*)

Радиальное и торцевое биение лезвий зубьев фрез контролируются с помощью индикатора. Фреза при этом устанавливается в центрах на оправке, если она насаженная, фрезы с коническими хвостовиками устанавливаются в специальных приспособлениях, имеющих вращающиеся (от руки) точные шпиндели с коническими гнездами. В них контролируются и фрезы с цилиндрическими хвостовиками, устанавливаемые при помощи переходников

Шероховатость передней и задней поверхностей для фрез из быстрорежущей стали допускается не более $R_a = 0,63$ мкм, для фрез из твердых сплавов — не более $R_a = 0,32$ мкм. Контроль дефектов поверхностного слоя осуществляется визуально и с помощью лупы, контроль шероховатости поверхности — путем сравнения с эталонами шероховатости соответствующих значений R_a . Предельные допустимые отклонения углов у фрез в их типов и размеров для углов $\varphi, \alpha, \gamma, \lambda + 1^\circ$, для углов $\varphi_0, \varphi_1, \omega \pm 2^\circ$

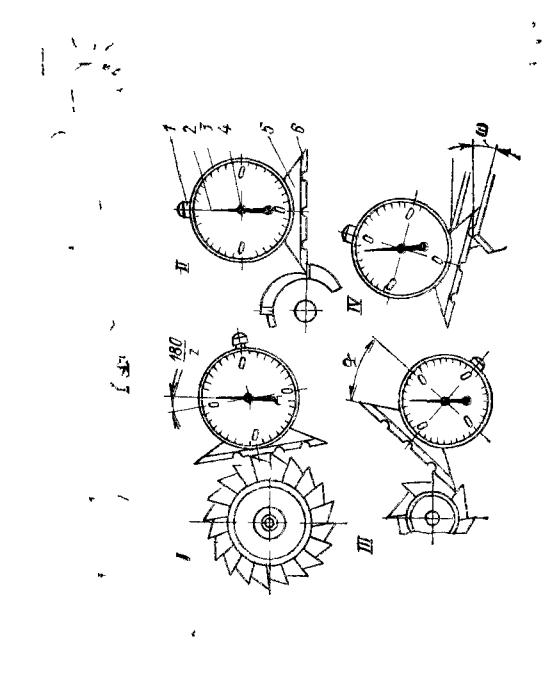
Способы контроля геометрических параметров фрез приведены в табл VII 6.

Таблица VII 5

Допустимые отклонения (мм) по торцевому и радиальному биению торцевых и концевых фрез

Номинальный диаметр фрезы, мм	Торцевые лезвия	Главные лезвия (по нормали к поверхности вращения)		Номинальный диаметр фрезы, мм	Торцевые лезвия	Главные лезвия (по нормали к поверхности вращения)	
		смежные	противоположные			смежные	противоположные
		Не более				Не более	
До 16	0,03	0,03	0,06	16—250	0,06	0,06	0,10
16—50	0,04	0,03	0,06	250—400	0,08	0,06	0,12
50—160	0,05	0,04	0,08	400—630	0,10	0,08	0,15

Способы и средства контроля геометрических параметров фрез

Эскиз	Способ контроля
<p style="text-align: center;"><i>Контроль с помощью маятникового угломера</i></p> 	<p>К корпусу 5 маятникового угломера (конструкция ВНИИ) привернута измерительная (лекальная) линейка 6 (поз I/1). На свободно вращающуюся ось 4 насажены диск с отвесом (на рис не показан) и шкала со стрелкой 2, закрытые стеклом, вставленным в обойму (крышку) 3. При нажатии на фиксатор / стрелка 2 освобождается и под действием груза всегда устанавливается вертикально. При этом показания стрелки на шкале соответствуют измеряемому углу.</p> <p>При измерении углов этим прибором необходимо закрепить фрезу так, чтобы вершина измеряемого зуба находилась в диаметральной плоскости, заниженной горизонтальное положение. При измерении углов фрезы непосредственно на станке установку зуба в горизонтальной плоскости производят следующим образом. Наложив тисцы угломера на два смежных зуба (поз I), поворачивают фрезу вместе с угломером до такого его положения, при котором стрелка угломера покажет отклонение от вертикали $\alpha = 180^\circ/2$, где 2 — число зубьев фрезы. При этом по точной точке касания линейки с нижним зубом будет лежать в диаметрально плоскости расстояние от вершины зуба до передней поверхности фрезы (поз I/1) или задней (поз I/2) поверхности и нажимают на фиксатор по показаниям стрелки на шкале отсчитывают значения переднего или заднего угла.</p> <p>На поз I/1 показано положение угломера при контроле угла наклона спирали</p>

Эскиз	Способ контроля
<p style="text-align: center;"><i>Контроль с помощью угломера 2УР1</i></p>	<p>Угломер типа 2УР1 состоит из дуги 7 с неравномерной шкалой, риски которой расположены под углом $\theta/2 = 180^\circ/z$ к оси УУ (поз. 1); опорной линейки 8, которая перемещается вдоль паза, имеющегося в дуге; сектора 5, перемещающегося по дуге и закрепленного в нужном положении винтом 6 на секторе градуированы шкалы А и В, предназначенные для отсчета значений переднего и заднего углов. К сектору 5 прикреплена пластинка 4 с измерительной плоскостью а; в пазу пластинки 4 помещается измерительная линейка 1 и закрепляется в нужном положении винтом 3. При совпадении рисунки 0 на шкале сектора 5 и индекса на шкале дуги 7 рабочая плоскость линейки 8 проходит через центр вращения сектора 5 и составляет с линейкой 1 прямой угол.</p> <p>Для повышения точности отсчета угломер снабжается съёмным оптическим устройством с лупой 2. Перед измерением опорную линейку 8 устанавливают соответственно угловому шагу зубьев и закрепляют гайкой 9. Затем в зависимости от длины прямолинейного участка передней поверхности зуба измеряют линейку 1 выдвигают на нужный размер и закрепляют винтом 3.</p> <p>При измерении переднего угла (поз. 11) угломер накладывают на лезвия двух смежных зубьев так, чтобы на один из зубьев опиралась линейка 8, а передняя поверхность другого, смежного с ним зуба соприкасалась с измерительной плоскостью линейки 1. После закрепления угломера винтом 3 отсчитывают показания по шкале А против штриха, соответствующего числу зубьев z фрезы. При измерении заднего угла сектор угломера поворачивается до совмещения измерительной поверхности а пластинки 4 с задней поверхностью зуба фрезы (поз. 111). В случае, показанном на рисунке для фрезы с $z = 10$, угол $\alpha = \frac{22^\circ}{10}$.</p> <p>При измерении углов на торцевых зубьях отсчет по шкалам А и В производится против штриха со знаком ω.</p>

УСТАНОВКА ЗАГОТОВОК НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

VIII.1. Общие правила установки заготовок

Каждая деталь механизма машины должна занимать в них вполне определенное положение, которое достигается тем, что она связана с другими частями своими базовыми поверхностями. Такие поверхности называются *конструкторскими базами*. *Технологическими базами* называются такие поверхности или плоскости, заданные разметочными рисками, которые определяют положение заготовки относительно координатной системы станка или, что равноценно, относительно направлений основных подач (продольной, поперечной, вертикальной).

Из механики известно, что абсолютно твердое тело имеет в пространстве шесть степеней свободы. Чтобы такое тело, например заготовка формы параллелепипеда (рис. VIII.1), было строго ориентировано в заданных направлениях и лишено подвижности, следует: 1) положение нижней поверхности *A* определить тремя опорными точками *a*, размещаемыми таким образом, что прямые линии, соединяющие их, образуют прямоугольник, положение вертикальной боковой поверхности *B* определить двумя опорными точками *b*, по возможности более удаленными друг от друга; положение торцевой поверхности *B* определить одной опорной точкой *b*, размещенной в ее центре; 2) прижать к этим опорам тело с такой силой, чтобы никакие другие внешние силы не могли его оторвать ни от одной из этих опор. Приведенное условие ориентирования и закрепления заготовок называется *правилом шести точек*.

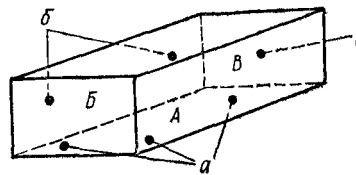


Рис. VIII.1.

Расположение опорных точек, определяющих положение призматического тела относительно трех координатных плоскостей

Положение заготовки в пространстве определено положением трех ее поверхностей *A*, *B* и *B*, следовательно, они являются базами. Поверхность *A* принято называть *установочной базой*. Такое название дано поверхности вследствие использования ее для установки заготовки. Поверхность *B* называют *направляющей базой* в силу того, что две опоры, фиксирующие положение заготовки, направляют ее к горизонтальной плоскости. Поверхность *B* — *упорная база*.

Совмещение технологических баз с конструкторскими является немаловажным обстоятельством, способствующим получению высоких точностей. Однако такие совмещения не всегда возможны.

К технологическим базам предъявляются следующие основные требования: 1) заготовка должна занимать устойчивое положение при установке и последующей обработке; 2) должно обеспечиваться удобное и надежное закрепление заготовки при хорошем обзоре обрабатываемых поверхностей и технологических баз; 3) закрепление не должно вызывать искажения формы заготовки и вообще сколько-нибудь существенных изгибных напряжений; 4) обрабатываемые поверхности заготовок следует располагать на минимально необходимом расстоянии от поверхности стола станка, имея в виду возможность применения в этом случае наиболее эффективных режимов резания с меньшей вероятностью возбуждения вибраций; 5) места закрепления заго-

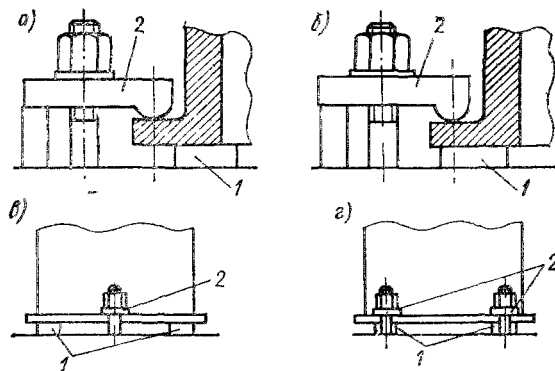


Рис. VIII.2.
 Расположение опор и прихватов: а и в — расположение неправильное; б и г — расположение правильное

товки должны быть размещены так, чтобы направление вектора развиваемой силы не выходило за пределы поверхностей опор.

На рис. VIII.2 показаны примеры правильных и неправильных положений опор 1 и прихватов 2.

VIII.2. Установка заготовок на поверхности стола

Под установкой следует понимать совокупность приемов, состоящих из подготовки к установке, собственно установки заготовки, выверки и закрепления. Эти работы выполняются в следующем порядке: 1) определяется местоположение заготовки (заготовок) на поверхности стола; 2) устанавливаются универсальные установочные приспособления (если таковые требуются); 3) предварительно закрепляются и затем выверяются универсальные установочные приспособления; 4) окончательно закрепляются установочные приспособления; 5) устанавливается заготовка (заготовки) на стол станка и предварительно закрепляется; 6) выверяется правильность положения заготовки (заготовок) относительно станка (если установочные приспособления не полностью устраняют необходимость этого); 7) окончательно закрепляют заготовку (заготовки).

Базовые поверхности могут быть необработанными, обработанными предварительно неточно и точно (окончательно) обработанными.

Установка заготовок с необработанными опорными поверхностями. Заготовка (обычно отливка) устанавливается на регулируемые и подводимые опоры (см. табл. VIII.2), винтовые или клиновые домкраты. Теоретически нерегулируемой может быть только одна опора из всего числа опор, которые необходимо использовать. Опоры следует размещать таким образом, чтобы поставленная на них заготовка могла быть закреплена с соблюдением общих правил установки.

Выверка заготовки осуществляется по плоскости, заданной нанесением разметочных рисок, которая должна занимать положение, параллельное плоскости стола. Для этой цели применяют рейсмус (чертилку в штативе) или штангенрейсмус. Выверка производится путем регулирования высоты двух опор из числа трех, избранных для участия в выверке. По достижении нужного результата остальные регулируемые (подводимые) опоры ставятся на свои места. Чтобы контакт подводимой опоры был гарантирован без отрыва заготовки от других опор, поверхность заготовки над соседними опорами фиксируется измерительным штифтом индикатора.

Регулирование высоты подводимой опоры ведется до тех пор, пока стрелка индикатора не отреагирует своим незначительным смещением (одно-два деления) на возникновение отрыва. Когда обрабатываются поверхности с относительно широкими полями допусков, можно не прибегать к указанному приему; тогда вначале следует предварительно закрепить заготовку в местах трех первоначальных опор, а затем регулировать подводимые опоры до ощущения сопротивления в результате появления контакта.

Одновременно с установкой в горизонтальной плоскости необходимо выверить заготовку в направлении продольной подачи и ее местоположение на столе, используя при этом винтовые прижимы — упоры.

Для закрепления заготовки на установочной поверхности применяют прижимы ручного действия в условиях единичного и мелкосерийного производства; гидравлические и гидромеханические — в условиях серийного и массового производства. На рис. VIII.3 показаны прижимы ручного действия трех различных усовершенствованных конструкций.

Крепежный набор КН-I (рис. VIII.3, а) рассчитан на настройку по высоте H в пределах 45—200 мм. Упор 4 может быть перемещен по ступеням подставки 6, для чего следует предварительно освободить его от эксцентрикового прижима, повернув барашек 5. В нужном положении упор вновь закрепляется обратным поворотом барашка 5. Собственно закрепление осуществляется при помощи вилкообразного прихвата 3 путем завинчивания гайки 1 болта 2.

Крепежный набор КН-II (рис. VIII.3, б) имеет максимальную высоту настройки $H = 230$ мм. Изменяя угол наклона прихвата 3 при одновременном перемещении упора 4 по зубчатой насечке можно изменять и величину H . Закрепление ведется завинчиванием гайки 1. Подкладка 7 служит для предохранения поверхности стола станка от повреждений вследствие вдавливания в нее опорного конца прихвата в процессе закрепления.

Крепежный набор КН-IIIА (рис. VIII.3, в) имеет исполнения с настройками высоты $H = 150 \div 230$ мм. Изменение H достигается регулированием положения опорного винта 8 и сменой прокладки 9 (из наличного комплекта). Сферическая форма опорной поверхности винта 8 уменьшает крутящий момент, прикладываемый к его квадрату в случае использования винта для увеличения силы прижима. Пята 10 делается термически упрочненной.

Конструкция набора позволяет закреплять заготовки, у которых размер H меньше толщины прихвата 3. Для этого необходимо свинтить разъемную гайку 1 и снять с винта 2 сферическую шайбу, ослабить стопорный винт 11, вынуть резьбовую втулку с винтом 8 и вставить ее с другой стороны прихвата 3. Затем следует перевернуть прихват на 180° и вновь поставить на место сферическую опору винта 2 и разъемную гайку 1.

Литые заготовки (силуминовые, реже чугунные) машиностроительных деталей с тонкими стенками, сложной формой необрабатываемых базовых установочных поверхностей, отличающиеся невысокой жесткостью, рекомендуется устанавливать на станке, используя приспособления ложементы. На рис. VIII.4 показаны (в сечении) такое приспособление и закрепленная в нем заготовка. На металлической плите-поддоне 1 помещен ложемент 2, изготавливаемый из модельной массы, например из полиэфирной (эпоксидной) смолы с наполнителем. Ложемент повторяет наружную

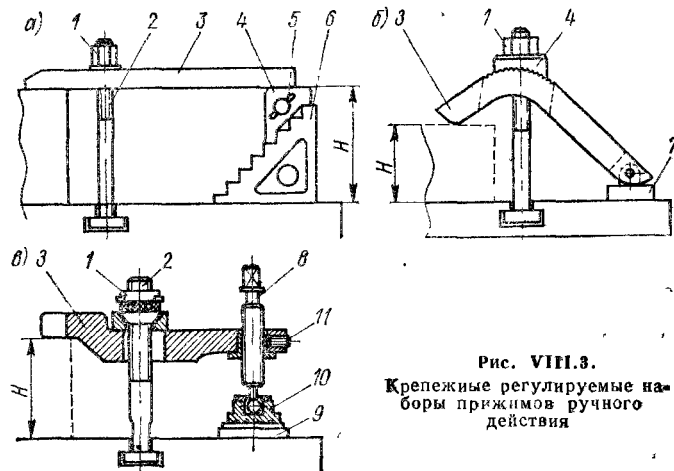


Рис. VIII.3.
Крепежные регулируемые наборы прижимов ручного действия

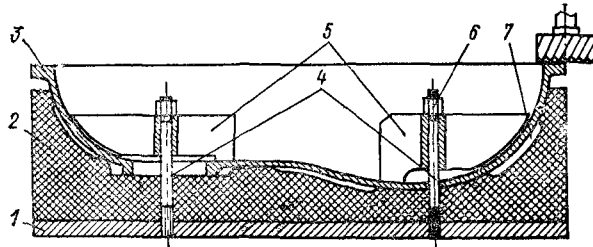


Рис. VIII.4.
 Ложемент — установочное приспособление, ориентирующее заготовку пространственно сложной черновой поверхностью

форму поверхности заготовки 3. Закрепление заготовки осуществляется через окно в отливке крестовиной 5 и через специальное (технологическое) отверстие второй такой же крестовиной, прижимаемыми гайками 6, накрученными на шпильки 4. Обнизки 7 на рабочей поверхности ложемента улучшают условия прилегания заготовки

и тем самым способствуют повышению жесткости системы. Такие приспособления экономически целесообразны в серийном производстве, так как не только упрощают установку и закрепление заготовки, но и устраняют необходимость в разметке заготовок.

Установка заготовок с обработанными базовыми поверхностями. Такая установка может производиться непосредственно на поверхности стола станка или с простановкой плоскопараллельных опор.

Однако и точная обработка плоской установочной поверхности не обеспечивает вполне плотного ее контакта с поверхностью стола. Из четырех опор заготовки 3 (рис. VIII.5, а) три являются плоскопараллельными опорами 1, а четвертая — регулируемой по высоте. Такой опорой может быть и клиновидный домкрат 2 (рис. VIII.6, б) или винтовой домкрат со сферической самоустанавливающей шайбой 1 (рис. VIII.6, а).

Заготовку с установочной поверхностью А, имеющей плоскостность в пределах до 0,05 мм (рис. VIII.5, б) при шероховатости поверхности $R_a = 2,5 \div 1,25$ мкм, предпочтительнее устанавливать непосредственно на поверхность стола, чтобы достигнуть точности в пределах (указанных на рисунке) допустимых отклонений по плоскостности и параллельности. В таких случаях применяется прием контроля плотности прилегания к поверхности стола путем прокладывания между заготовкой и столом равномерно распределенных полосок тонкой бумаги (0,01—0,02 мм). При этом проверяется, каждая ли из полосок прижата, что выполняется путем их вытягивания. В местах, где полоски вытягиваются, производится закрепление заготовки запрещается. Это вызвано тем,

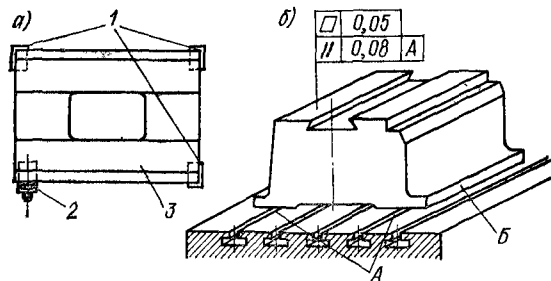


Рис. VIII.5.
 Установка заготовки на поверхность стола станка

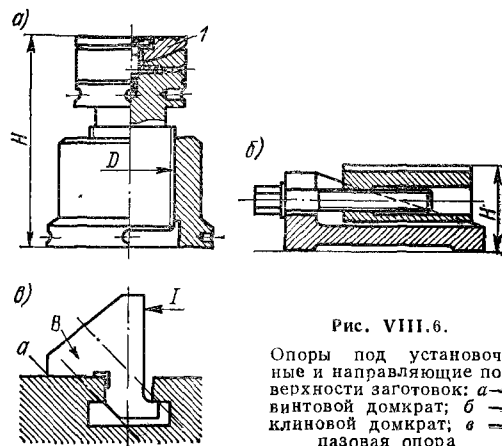


Рис. VIII.6.
 Опоры под установочные и направляющие поверхности заготовок: а — винтовой домкрат; б — клиновидный домкрат; в — базовая опора

что силой прижатия заготовка здесь прогнется на величину зазора между ее установочной поверхностью и столом станка. При откреплении она упруго восстановит свое положение, образовав выпуклость. Если по каким-либо причинам надо закрепить заготовку именно в таком месте, предварительно следует устранить зазор прокладкой фольги.

Для установки по направляющей базовой поверхности (на рис. VIII.5, б поверхность В) применяются пазовые опоры в виде коротких и длинных планок типа показанных на рис. VIII.6, в или же других форм. Для того чтобы такая планка вошла в Т-образный паз стола, ее вначале нужно наклонить, совместив показанную на рисунке стрелку В с центральной вертикальной осью паза, затем ввести в паз и вернуть в нормальное положение, показанное на рисунке. В этом положении планка не может ни сдвинуться, ни повернуться вокруг точки а под воздействием силы, приложенной по стрелке I.

Выверка положений направляющих базовых поверхностей заготовок, пазовых опор и других приспособлений относительно продольной подачи осуществляется при помощи индикаторных приборов, закрепляемых в конусном отверстии шпинделя станка. На рис. VIII.7, а показаны рычажно-механический индикатор часового типа, оснащенный угловым рычагом (входит в комплект принадлежностей к прибору), и центроискатель с индикатором (рис. VIII.7, б), установленный в шпиндель фрезерного станка.

Наконечник измерительного стержня прибора вводится в контакт с проверяемой поверхностью так, чтобы возник некоторый натяг пружины, оцениваемый в 10—20 делений циферблата. Затем включается продольная подача стола. В конце движения снимается показание индикатора и сравнивается с начальным. При отсутствии отклонения процесс выверки заканчивается.

Механизация закрепления заготовок на столе станка существенно влияет на повышение производительности труда станочника. При этом сокращается не только время закрепления и открепления, но и снижается физическая утомляемость рабочего. В связи с этим широкое распространение получают гидравлические, гидромеханические и электромеханические зажимы.

На рис. VIII.8, а и б показаны гидроцилиндры централизованного изготовления для применения в зажимных приспособлениях. Цилиндр одностороннего действия (рис. VIII.8, а) имеет сварной корпус 1, поршень 3 и пружину 5. На наружной поверхности сделаны канавки, позволяющие закрепить цилиндр в отверстии приспособления кольцом 4, входящим в одну из канавок. Закрепление заготовки производится перемещением поршня, например, как показано на поз. 1 рис. VIII.8, в. Возврат поршня 3, уплотненного кольцом 2, при снятии давления происходит под действием пружины 5. Предотвращение загрязнения штока поршня обеспечивается сальниковым уплотнением 7 во фланце 6. Цилиндр одностороннего действия с полым штоком (рис. VIII.8, б) имеет сварной корпус 5 и поршень 3, прижатый пружиной 5.

Закрепление заготовки осуществляется перемещением поршня под давлением масла, поступающего в поршневую полость по шлангу 8 (рис. VIII.8, в). Гидроцилиндр через отверстие в штоке поршня надевается на шпильку прихвата и при помощи гайки и шайбы прижимается к прихвату. Перемещение поршня связано с увеличением размера L. В нашем примере оно может происходить только в сторону прихвата, так как перемещению в другом направлении препятствуют гайка с шайбой на шпильке. В результате все усилия, действующее на поршень (за минусом сил тре-

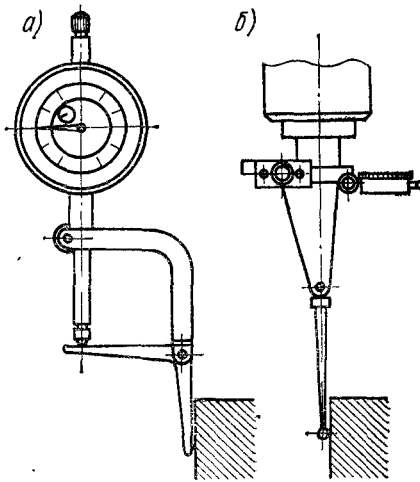


Рис. VIII.7.

Схемы применения индикаторных приборов часового типа при выверке заготовок

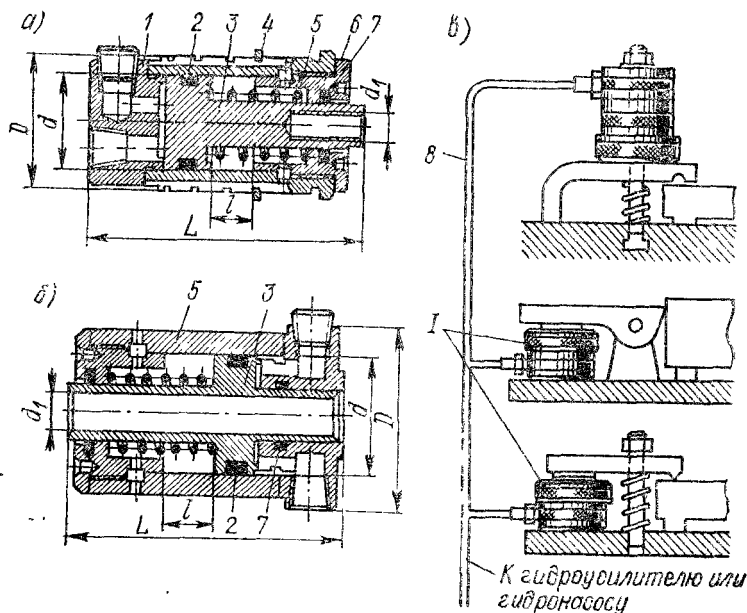


Рис. VIII.8.

Гидравлические силовые приводы зажимов

ния), передается прихвату, где оно, увеличенное пропорционально разности плеч, воздействует на прихват, который прижимает заготовку к столу станка.

В табл. VIII.1 приведены основные размеры и технические характеристики гидроцилиндров для механизации закрепления заготовок. В табл. VIII.2 дан перечень распространенных стандартизованных элементов сборно-разборных приспособлений (кроме прижимов), которые могут использоваться при установке заготовок на поверхности стола.

Прижимы с гидроцилиндрами, являясь мощными, компактными и малогабаритными, имеют, однако, существенный недостаток, состоящий в том, что их привод требует участия постоянно подключенных и находящихся под большим давлением шлангов, расположенных близко от рабочей зоны и двигающихся за столом станка. Это стесняет действия станочника, ухудшает условия безопасной работы, а в случае

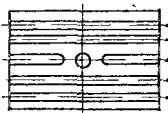
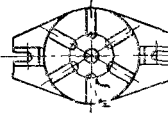
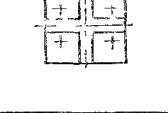
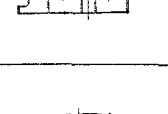

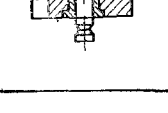


Таблица VIII.1

Основные размеры (мм) и технические характеристики гидроцилиндров для прижимов

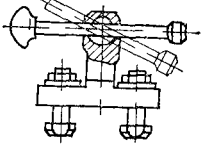
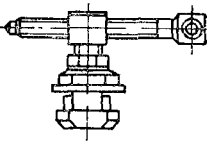
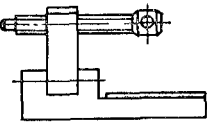
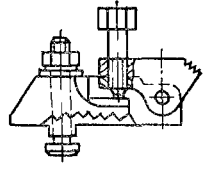
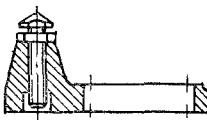
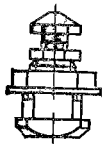
Обозначение гидроцилиндра	d	l	d_1	D	l	Рабочее давление, МПа	Усилие зажима, Н
<i>Гидроцилиндры одностороннего действия (см. рис. VIII.8, а)</i>							
C7021-4011	32	16	M10	45	93	10	7 154
C7021-4012	40	16	M12	55	93	10	11 368
C7021-4013	50	16	M16	65	93	10	17 640
C7021-4014	60	16	M20	75	93	10	25 774
<i>Гидроцилиндры с полым штоком (см. рис. VIII.8, б)</i>							
C7021-4006	40	16	13	65	92	10	9 200
C7021-4007	50	16	17	65	92	10	14 000
C7021-4008	60	16	21	75	92	10	20 700

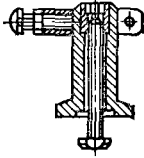
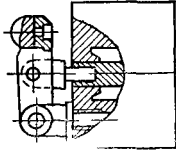

Таблица VIII 2

Стандартизованные элементы сборно-разборных приспособлений,
используемые при компоновке переналаживаемых приспособлений

Обозначение	ГОСТ	Элементы приспособления	Эскиз
7081-2510, 7081-2520	21676—7	Плиты прямоугольные с ручным зажимом	
7021-0350	21676—76	Плиты прямоугольные с гидравлическим приводом	
7081-2530	21677—76	Плиты круглые с ручным зажимом	
7081-0360	21677—76	Плиты круглые с гидравлическим приводом	
7030-2601	21678—76	Губка неподвижная	
7019-2101	21679—76	Губка подвижная	
7035-2150	21680—76	Призмы	
7030 2301	26681—76	Угольники	

Продолжение табл. VIII.2

Обозначение	ГОСТ	Элементы приспособления	Эскиз
7006-2130	21682—76	Прижимы универсальные	
7006-2100, 7006-2110	21682—76	Прижимы подводимые	
7006-2120	21682—76	Прижимы откидные	
7016-2151	21682—76	Прижимы рычажные регули- руемые	
7035-2180, 7035-2190	21683—76	Опоры подводимые регули- руемые	
7035-2160, 7035-2170	21683—76	Опоры регулируемые	

Обозначение	ГОСТ	Элементы приспособления	Эскиз
7035-2000, 7035-221С	21683—76	Опоры универсальные регулируемые	
7021-0400, 7021-0410	21684—76	Блоки гидравлические прижимные	
7033-130Г	21685—76	Подставки к опорам	

аварийного падения давления в гидросистеме влечет раскрепление заготовки со всеми вытекающими из этого последствиями.

Прижимы с гидромеханическими пружинными силовыми элементами автономны и не имеют этих недостатков. Такой автономный прижим 1 приведен на рис VIII.9. Корпус 5 пружинно-силового элемента имеет цилиндрические формы наружной и внутренней поверхностей. Между поршнем и крышкой-регулятором 3 помещен пакет тарельчатых пружин 6, сжатых с такой силой, какую хотят получить на штоке 4 поршня, чтобы приложить ее через прихват в заготовке. Направляющий стакан

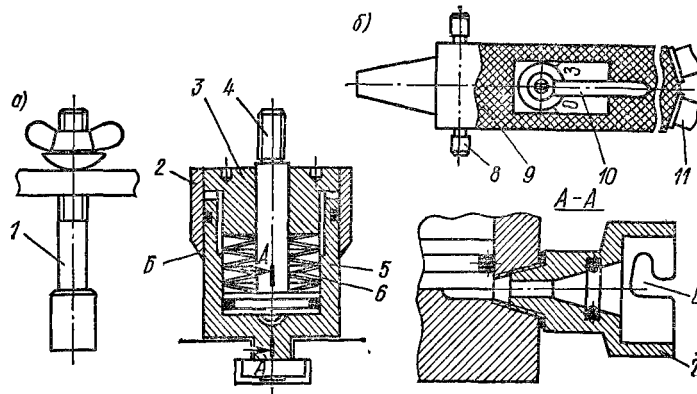


Рис. VIII.9.
Автономный пружинно-гидравлический прижим

Лимб 2 (соединен неподвижной посадкой с деталью 3) имеет на поверхности В шкалу с делениями, цена которых выражена в килопьютонах. На поверхности же корпуса 5 предусмотрена риска, с которой совмещается деление лимба 2, соответствующее нужному значению силы.

Открепление заготовки производится дополнительным сжатием пакета тарельчатых пружин 6 за счет перемещения поршня. Это происходит под давлением масла, нагнетаемого в поршневую полость путем временного подключения гидронасоса или гидроневмоусилителя) через сопло-кран 9 шлангами 11. Для этого конус сопла вводится в конус ниппеля 7 и одновременно штифты 8 — в пазы В байонетного соединения. Далее корпус крана поворачивается (при плотном совмещении конусов) против часовой стрелки и тем самым запирается. После этого ручка 10 крана поворачивается до упора в сторону буквы О (отжато). В этом состоянии освобожденный прижим может быть отведен от заготовки. Затем поворотом ручки 10 кран переключают в положение З (зажато) и вынимают его из ниппеля 7, освобождая от байонетного соединения. При положении ручки на З (зажато) масло из поршневой полости выдавливается пакетом пружин и поступает по второму шлангу в резервуар гидронасоса. Для настройки прижима по высоте расположения прихвата имеется удлинитель 1.

Усилие зажима автономных прижимов может составлять 15 кН и более.

VIII.3. Универсальные приспособления

Среди универсальных установочно-крепежных приспособлений для фрезерных станков широкое применение получили машинные тиски с ручным и механизированным зажимами. Наиболее распространены пневматические и гидромеханические зажимы.

На рис. VIII.10 показаны машинные тиски типовой конструкции с пневматическим зажимом. Ширина губок тисков модели ТП-2,7 равна 250 мм, тисков ТП 6,7 — до 350 мм. Наибольшее усилие зажима $P = 27 \div 67$ кН. Усилие зажима, необходимое при выверке заготовки, достигается включением регулятора давления, который обычно вмонтирован в распределительный кран.

Быстрая настройка тисков осуществляется перемещением установочной губки 3 вдоль зубчатого основания 5 с опорным зубом 4. Зажим происходит при движении поршня 6 вниз под давлением сжатого воздуха, поступающего в полость цилиндра. Шток поршня при этом воздействует на длинное плечо углового рычага 1 и тем самым перемещает подвижную губку 2, связанную через сферическую пару с коротким плечом рычага.

Съемные губки к тискам позволяют быстро и правильно ориентировать устанавливаемые с их помощью заготовки различных размеров и форм. Базовые поверхности таких губок соответствующим образом обработаны. На рис. VIII.11 приведены при-

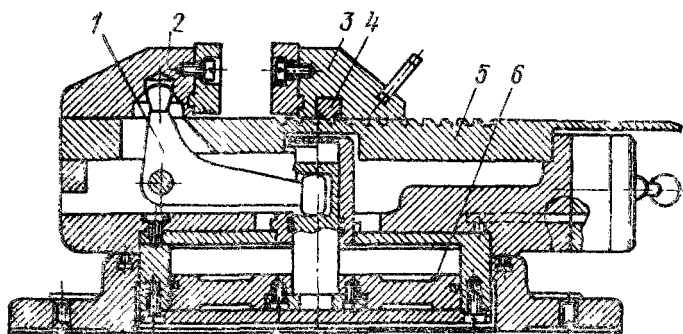


Рис. VIII.10.
Универсальные машинные тиски с пневматическим зажимом

меры съемных губок. Здесь размер l соответствует ширине губок тисков, а h несколько больше их высоты.

В ряде случаев могут успешно применяться простые и дешевые сменные подкладки и вкладыши, форма которых учитывает конфигурацию заготовок, закрепляемых в машинных тисках.

Машинные самоцентрирующие тиски с гидравлическим зажимом, рассчитанные на удобное применение в них наладок, показаны на рис. VIII.12. Максимальный ход губок 14 мм. Усилие зажима при давлении в гидросистеме 5 МПа составляет 30 кН. Самоцентрирующие тиски рекомендуется применять в тех случаях, когда необходимо обрабатывать пазы или образовать прямоугольные выступы (так называемые замки) и другие им подобные поверхности, равноудаленные от боковых направляющих базовых поверхностей заготовки, т. е. расположенные по ее центру. При этом используется мерный режущий инструмент или набор из двух дисковых фрез с точным расстоянием между ними.

По направляющим корпуса 1 тисков перемещаются губки 2 и 8, прижатые к ним плачками 9. Равномерное сближение губок осуществляется винтами 3 и 7 со встреч-

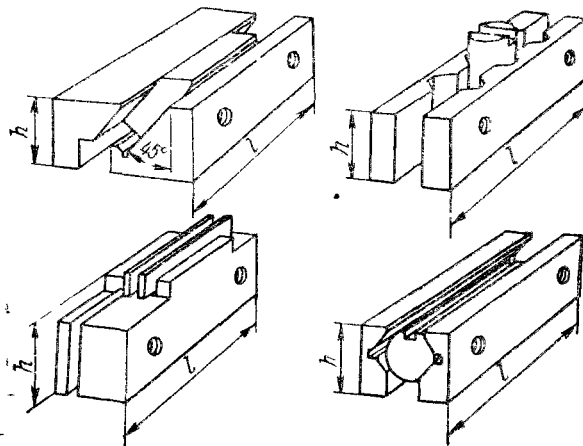


Рис. VIII.12.
Съемные губки к тискам

ными (левой и правой) нарезками. Хвостовик одного винта входит в отверстие другого и направляется в нем шпонками. Такая конструкция позволяет перемещаться им относительно друг друга в осевом направлении. В корпусе установлен гидроцилиндр 10 с крышкой 11, на верхней части которого имеются две проушины. В проушинах на осях 4 смонтированы рычаги 5, каждый из которых своим вильчатым вертикальным плечом охватывает шейки винтов 3 и 7. Горизонтальные плечи рычагов соединены со штоком поршня 6.

В гидроцилиндр масло под давлением подается от любого источника питания. Для подвода и отвода масла применяются штуцеры 13 и 14. Тиски установлены на подставке 12, имеющей градуированную шкалу, что позволяет производить поворот тисков вокруг вертикальной оси на требуемый угол.

Примеры наладок к таким универсальным наладочным тискам приведены на рис. VIII.13. На рис. VIII.13, а представлена наладка для установки штампованной заготовки-рычага на вертикально-фрезерном станке. Плоские призмы 2 и 6 закреплены на губках 1 и 5 тисков. Обрабатываемая заготовка 4 установочной базой лежит на подставке 3.

На рис. VIII.13, б показана наладка для установки литой заготовки 4 при фрезеровании ее торцевых поверхностей. Съемные специальные губки 7 и 8 выверены и закреплены на губках тисков 1 и 5. Самоустанавливающийся прихват 9, смонтированный в губку 7, прижимает заготовку одновременно к ее установочной и упорной базам при сближении губок тисков.

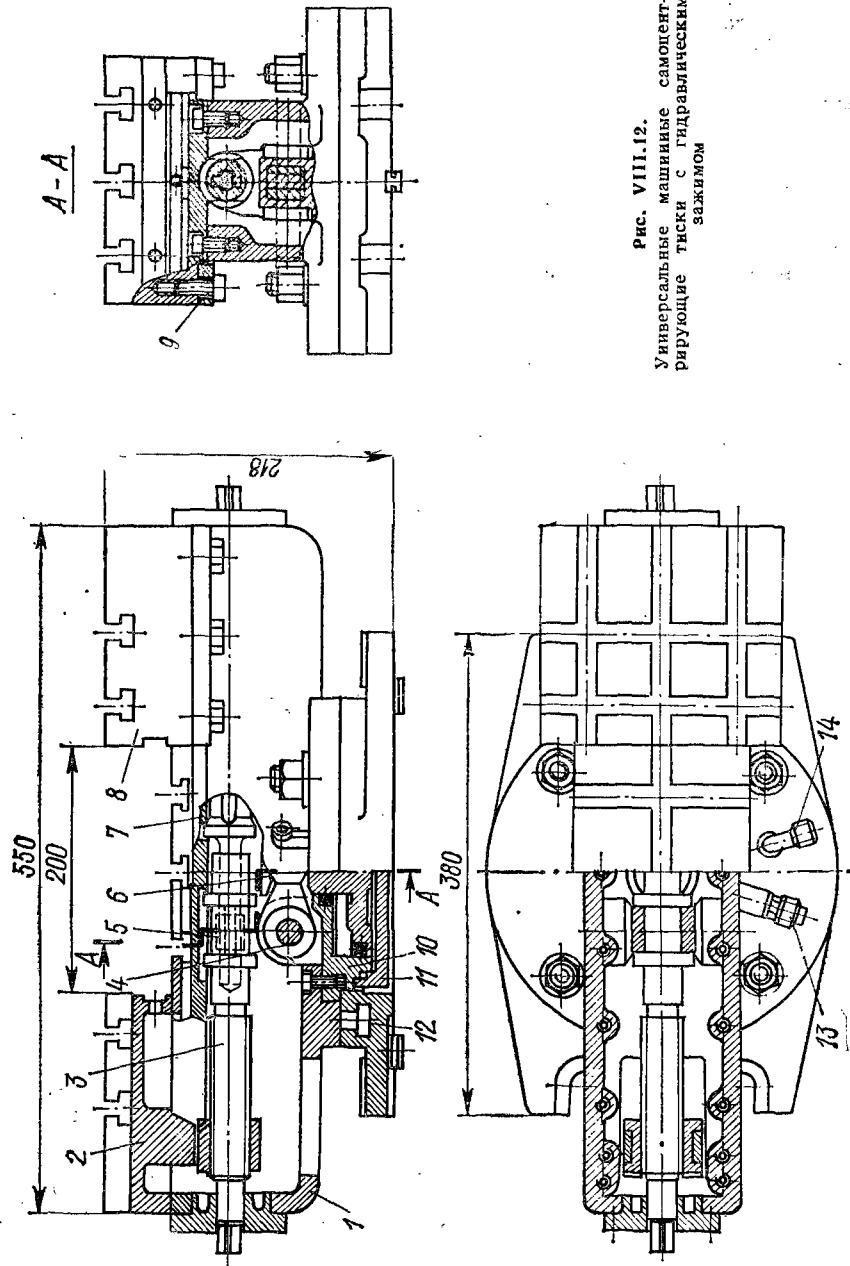


Рис. VIII.12.
Универсальные машины самоцентрирующие тиски с гидравлическим зажимом

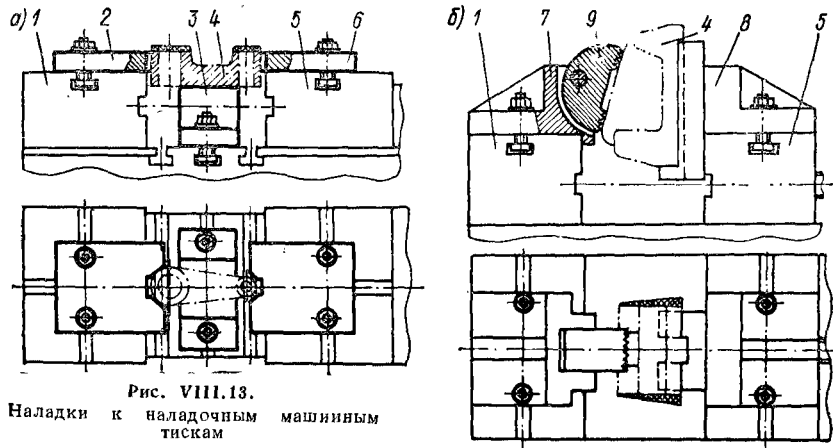


Рис. VIII.13.
Наладки к наладочным машинным тискам

Столы поворотные круглые по ГОСТ 16936—71* (рис. VIII.14) расширяют технологические возможности вертикально- и горизонтально-фрезерных станков. Столы изготавливаются в двух исполнениях с ручным и механизированным приводом от станка. Диаметр столов $D = 160 \div 1250$ мм, высота $H = 110 \div 220$ мм. Стандартом установлены две степени точности столов: Н — нормальная точность; П — повышенная. Круговую шкалу с ценой деления 1° и лимбом 2 с ценой деления $2'$ имеют столы обоих исполнений.

Механизированный привод позволяет использовать столы для непрерывного фрезерования. С этой целью к столу присоединяется механический привод подачи стола. Вал червяка 1 стола шарнирно-телескопическим валиком связывают с ходовым винтом стола станка, вращение которого передается червячной паре. Гайка ходового винта должна быть отключена.

Столы прямоугольные (рис. VIII.15) поворачиваются вокруг вертикальной оси на 360° и вокруг горизонтальной оси на 90° . Отсчет углов поворотов ведется по круговым шкалам 1 и 2 с ценой деления 1° .

На фрезерных станках из-за сравнительно невысокой жесткости этих столов рекомендуется применять стол наименьшего размера по высоте $H = 700$ мм и с размерами $L \times B \times B_1$ 630 × 500 × 320 мм.

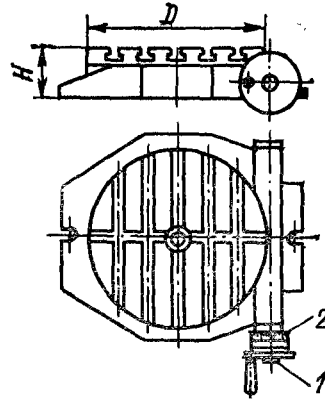


Рис. VIII.14.
Круглый поворотный стол

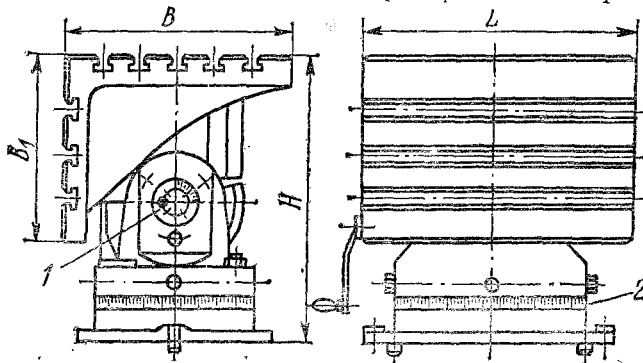


Рис. VIII.15.
Прямоугольный стол с поворотом вокруг вертикальной и горизонтальной осей

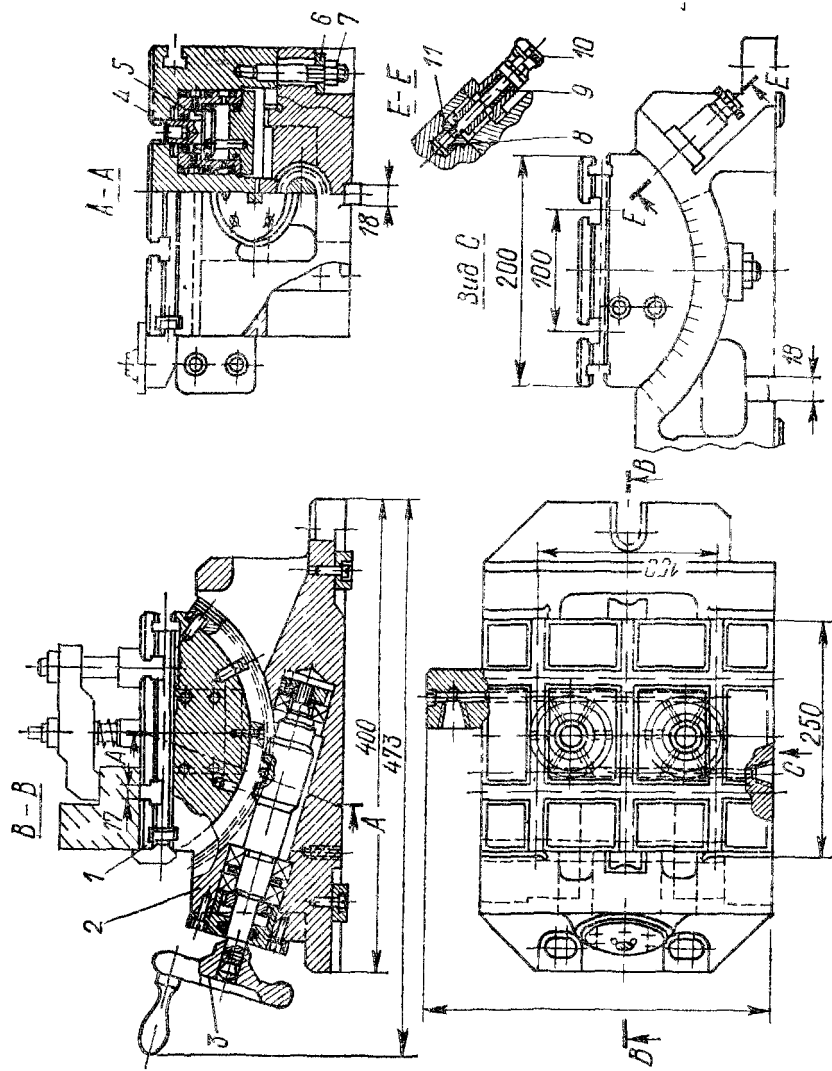


Рис. VIII.16.
Стол поворотный угловой с гид
равлическими приводами за
жимов

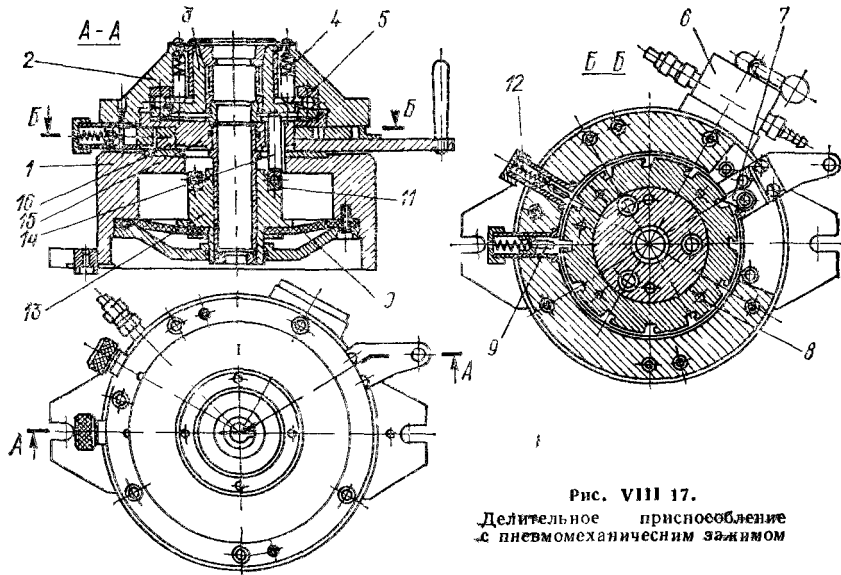


Рис. VIII 17.
Делительное приспособление
с пневмомеханическим зажимом

Заготовки устанавливаются либо непосредственно на поверхностях поворотного стола с помощью прижимных элементов, либо с помощью приспособлений

Стол поворотный угловой с гидравлическими приводами зажимов конструкции завода «Ленполиграфмаш» (рис VIII 16) предназначен для установки и закрепления заготовок различных конфигураций при обработке их на универсальных горизонтально- и вертикально фрезерных станках без применения специальных поворотных приспособлений. Небольшая высота стола при большой поверхности контакта поворотной части с основанием обеспечивает вполне удовлетворительную жесткость приспособления. Поворот рабочей плиты 1 относительно основания 2 осуществляется вращением маховика 3, приводящим в действие червячную пару. Совершить поворот можно только после расфиксирования плиты 1, для чего за кнопку 10 нужно вытянуть фиксатор 8 из втулки 11, преодолевая сопротивление пружины 9, и затем повернуть его на 90°, чтобы это положение сохранилось. Фиксатор устанавливает плиту 2 в нулевое, т. е. в горизонтальное, положение. Закрепление плиты 1, установленной на требуемый угол, производится при помощи гайки 7 через ползун 6.

Обрабатываемые заготовки устанавливаются непосредственно на рабочую поверхность поворотной части плиты 1. Закрепление осуществляется сменными стандартизованными прижимами, работающими от встроенных гидроцилиндров 5, штоки 4 поршней которых имеют резьбовые отверстия для присоединения шпилек прижимов.

Усилие на штоке гидроцилиндра при давлении масла в гидросети 7,5 МПа при подводе его в верхнюю полость гидроцилиндра равно 8,4 кН, а при подводе в нижнюю полость — 11 кН. Ход штока 9 мм.

Делительные универсальные приспособления для фрезерных станков состоят из делительных головок и делительных столов. Сведения о делительных головках и работе с ними даны в гл. IX.

Делительное приспособление с вертикальной осью вращения и механическим зажимом (рис VIII 17) отличается компактностью и быстротой действия. Как процесс деления, так и фиксирования заготовки осуществляются поворотом одной рукоятки.

Корпус приспособления состоит из нижней 1 и верхней 2 частей, скрепленных винтами. В нижней части расположена пневмокамера. При повороте рукоятки крана 6 воздух поступает под диафрагму 10 и перемещает ее вверх. Диафрагма, воздействуя на опорный стакан 13, упорный шарикоподшипник 11 и три стержня 14, давит на конусную втулку 3, которая обжимает конус сменной зажимной цапги и тем самым закрепляет установленную в цапге заготовку. При снятии давления воздуха под-

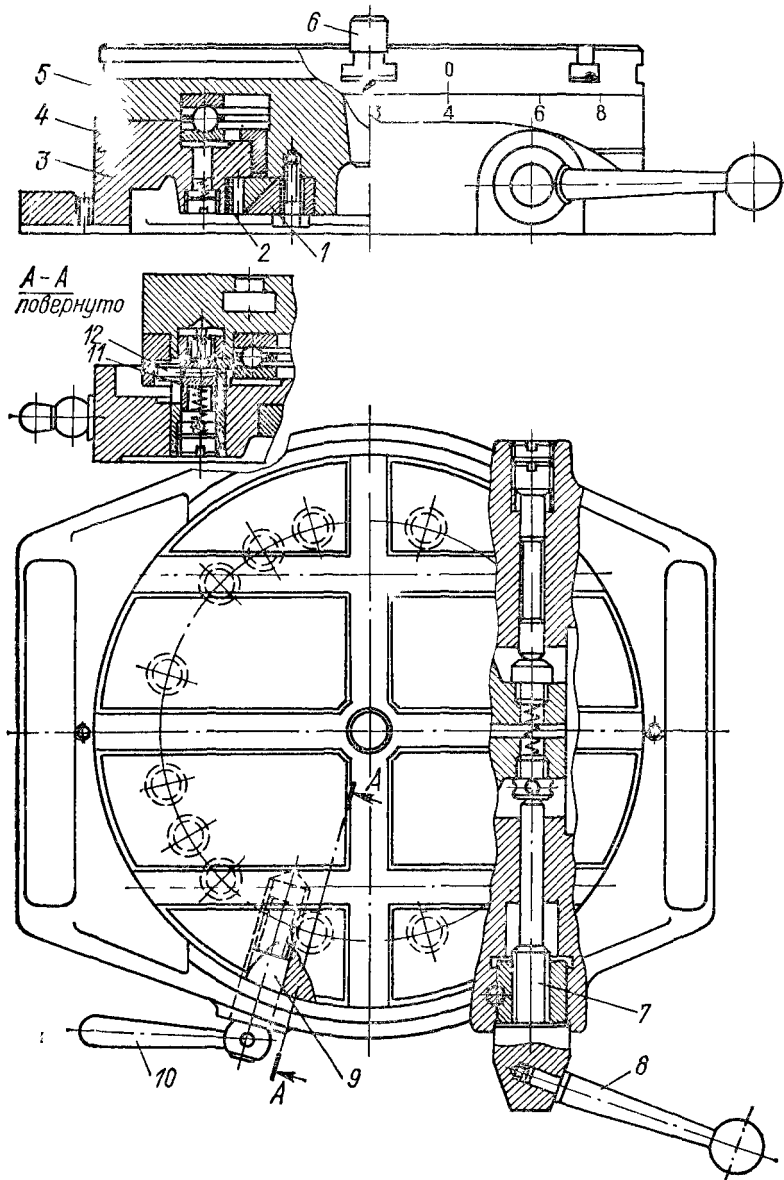


Рис. VIII.18.
 Универсальный поворотный стол с блокировочным устройством

пружиненные плунжеры 4 отталкивают втулку 3, подшипник 5 и освобождают цапгу и заготовку.

Делительный механизм состоит из делительного диска 8 с необходимым числом фикс. ручных пазов. Диск закреплен на втулке 15 обоймы 16, которая имеет криволинейную поверхность на конусе, обеспечивающую вывод фиксатора 9 из паза при повороте рукоятки по часовой стрелке. Защелка 12 препятствует повороту делительного диска при движении рукоятки по часовой стрелке. Собачка 7 заскакивает в следующий паз делительного диска в процессе вывода фиксатора 9. При обратном вращении рукоятки собачка 7 поворачивает диск до тех пор, пока фиксатор 9 не попадет в соседний паз. Если необходимо разделить заготовку на меньшее число делений, чем выполнено на диске (в два или три раза), то прием деления соответственно повторяют.

Это делительное приспособление изготавливается централизованно станкостроительной промышленностью. Размеры его (длина×ширина×высота) 385×335××232 мм. Число делений 12.

Имеются делительные приспособления с горизонтальной осью вращения и с аналогичным пневмомеханическим зажимом заготовки в цапге.

Универсальный поворотный стол с блокировочным устройством приведен на рис. VIII 18. Стол имеет 16 втулок под фиксатор 11, позволяющих произвести деление на 2, 3, 4, 6, 8 или 12 частей. Поворотная часть 5 с Т-образными пазами и центрирующим пальцем 6 вращается вручную, она смонтирована на упорном шарикоподшипнике и в центральной втулке. Между конусным кольцом 1, закрепленным на поворотной части, и основанием 3 стола расположен хомут 2. При повороте рукоятки 8 винт 7, завинчиваясь, сжимает хомут 2, который, охватывая кольцо 1, прижимает поворотную часть к основанию. Фиксатор 11 имеет реечку, зацепляющуюся с валиком-шестерней 9, на который посажена рукоятка 10. Поворотом этой рукоятки фиксатор вводится или выводится из втулки.

Во избежание ошибок при делениях введено блокировочное кольцо 4. На его наружной поверхности нанесены риски, помеченные цифрами 2, 3, 4, 6, 8 и 12. Поворотная часть стола на своей цилиндрической поверхности имеет нулевую риску. При делении на необходимое число частей следует совместить так называемую нулевую риску с риской соответствующей цифры (например, с риской цифры 4, как показано на рисунке) на кольце 4. Это приведет к тому, что пазы на внутренней поверхности кольца 4 расположатся именно против соответствующих втулок и штифт 12, запрессованный в фиксатор 11, пропустит его только в эти втулки.

VIII.4. Переналаживаемые и универсально-наладочные фрезерные приспособления

Эти приспособления обеспечивают правильную установку и ориентирование относительно станка при сравнительно быстром закреплении таких заготовок, которые по своей форме и размерам невозможно установить и закрепить в универсальных приспособлениях. Установка и закрепление данных деталей на поверхности стола станка сложна и трудоемка.

Универсально-наладочный стол с пневмогидравлическим приводом показан на рис. VIII.19. Эти столы изготавливаются различных размеров и входят в некоторые комплекты универсально-сборных приспособлений (УСП) и универсально-сборной переналаживаемой оснастки (УСПО).

Корпус стола изготовлен из стали и термически упрочнен. Это исключает возможность утечки масла из гидросистемы и тем самым падения давления. Верхняя поверхность стола имеет сетку взаимно перпендикулярных Т-образных пазов и согласованное с этой сеткой расположение смонтированных в стол 15 гидроцилиндров. Гидроцилиндры передают усилие элементам, осуществляющим закрепление обрабатываемой заготовки (заготовок). Их число в совокупности с пазами позволяет компоновать большое разнообразие наладок. На зеркале стола каждый гидроцилиндр пронумерован. Карты наладки должны иметь указания, какие номера гидроцилиндров используются в каждой наладке.

Гидроцилиндры 2 (рис. VIII 19, а) помещены в цилиндрические гнезда, сделанные в нижней части стола 1. Масло подается через штуцера 4 и 5. Коническая пробка 3 служит для выпуска воздуха из системы маслопроводов.

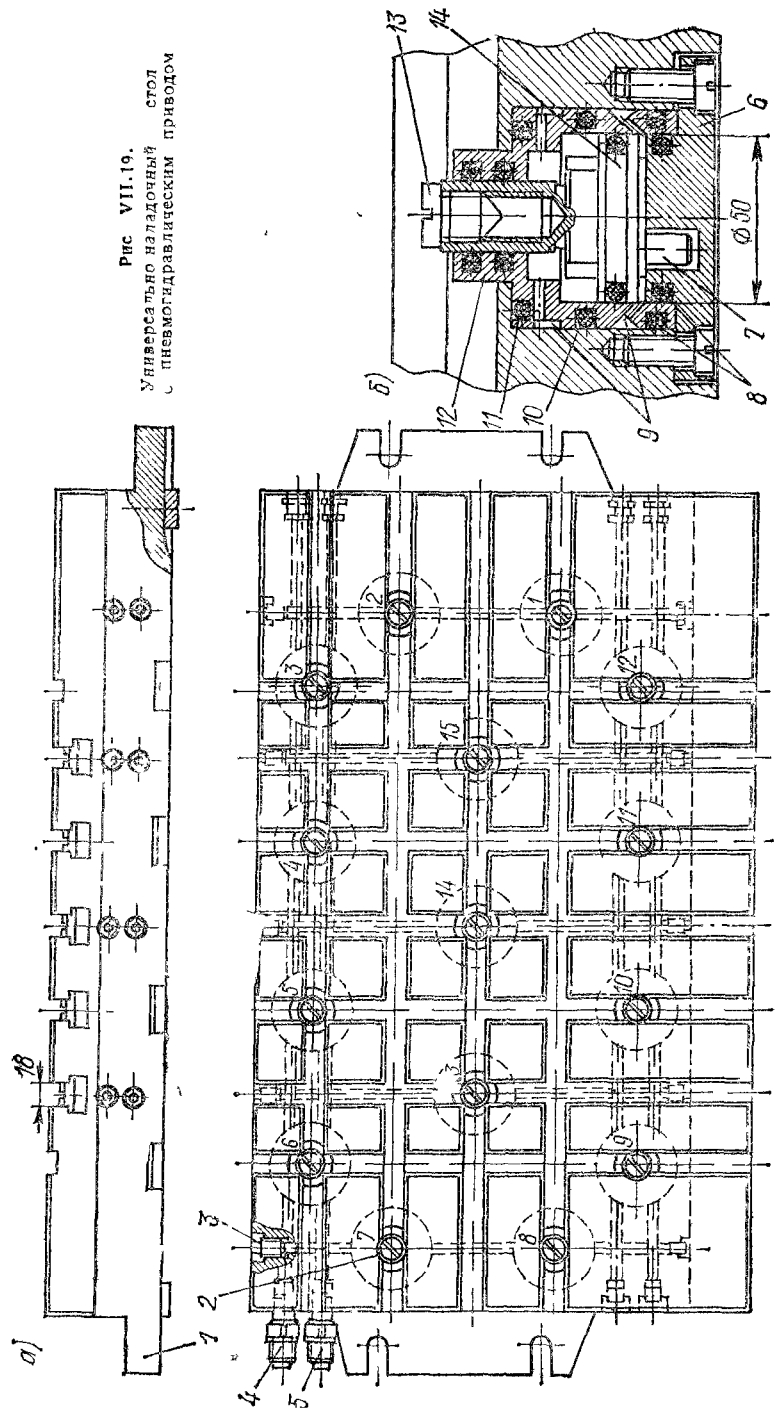


Рис VII.19.
 Универсально наладочный стол
 с пневмогидравлическим приводом

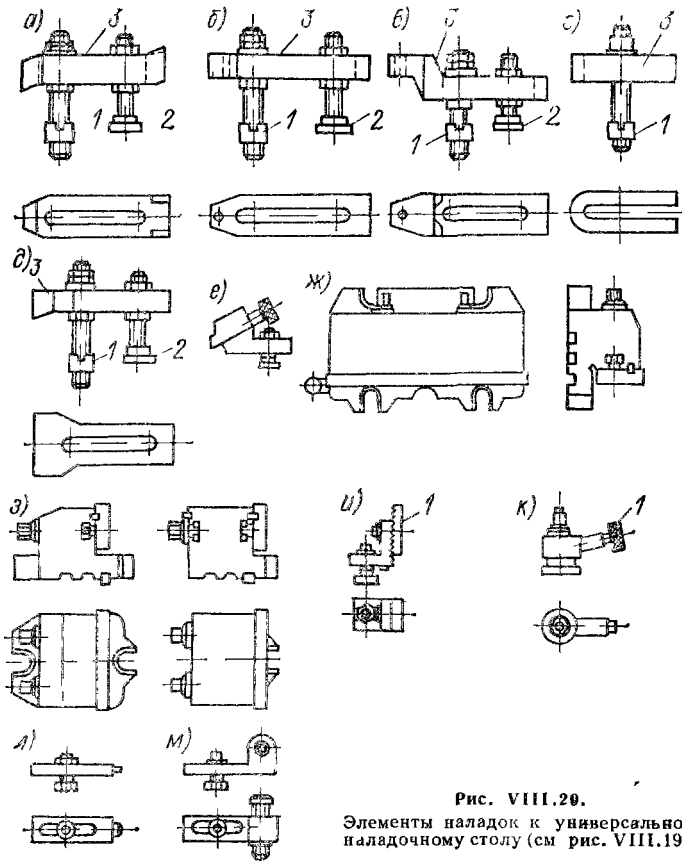


Рис. VIII.20.
Элементы наладок к универсально-наладочному столу (см рис. VIII.19)

На рис. VIII 19, б показан гидроцилиндр в разрезе. Масло по каналам в столе поступает в канавки и отверстие 9, предусмотренные в стакане 12 цилиндра, и затем — в поршневые полости, уплотнение которых обеспечивается кольцами 8, 10, 11. В гидроцилиндре создается давление до 15 МПа. Крышка 6 ограничивает поршневую полость и одновременно крепит стакан 12 к столу. Внутренняя поверхность крышки имеет радиусный паз, в котором может перемещаться палец 7, запрессованный в поршень 14. Палец определяет рабочее и выключенное состояние гидроцилиндра, одновременно он препятствует повороту поршня, когда в отверстии его штока закреплена тяга зажима. Ход поршня 10 мм. Для перевода гидроцилиндра в нерабочее состояние поршень поворачивается (специальным ключом) на 90°. Резьбовые отверстия выключенных гидроцилиндров, расположенные на торцах штоков, заглушают пробками 13.

В гидроцилиндре создается давление 15 МПа. При диаметре поршня $D = 50$ мм на штоке возникает сила $P = 29400$ Н (3000 кгс).

Универсально-наладочный стол комплектуется набором различных наладочных элементов, некоторые из которых показаны на рис. VIII 20.

Разнохарактерные прихваты (рис VIII 20, а—д) позволяют надежно и правильно закреплять заготовки. В каждом таком прихвате две резьбовые шпильки — одна служит опорой прихвата и прижимается к столу сферической пятой 2, с планкой 3 она связана верхней и нижней гайками, вторая шпилька ввертывается в шток поршня гидроцилиндра или в сухарь 1 Т-образного паза стола и соединяется с планкой 3

Таблица VIII.3
Комплекты универсально-сборной и переналаживаемой оснастки, поставляемые предприятиями «Союзтехоснастка»

Комплект и его обозначение	Техническая характеристика										
	Число входящих в комплект деталей и сборных единиц	Время наладки при способлении средней сложности, ч	Среднее число одно-временно собираемых приспособлений	Ширина 1-образных пазов	Шаг пазов в базовых деталях, мм	Диаметр координатно-фиксированных отверстий	Диаметр основного резьбового отверстия	Максимальная масса заготовки, кг	Шаг между координатно-фиксированными отверстиями, мм	Достижимая точность обработки (квадратный литер)	
Универсально-сборные приспособления с пазами 8 мм (УСП-8)	4111	2	30	8Н/	30	—	М8	5	—	7	
То же, с пазами 12 мм (УСП-12)	4221	3	26	12Н7	60	—	М12*	60	—	7—9	
Комплект самоцентрирующих головок	9	—	9	—	—	—	—	—	—	—	
Универсально-сборные механические приспособления с пазами 12 мм для станков с ЧПУ (УСПМ-12-ЧПУ)	285	2	15	12Н7	60	—	М12*	60	—	7—9	
Сборно-разборные приспособления с пазами 14 и 18 мм для станков с ЧПУ (СРП-ЧПУ)	1200	0,5	17	14 и 18	60—80	12Н7, 16Н7	М12, М16	3000	60—80	7—12	
Универсально-сборные механические приспособления с пазами 16 мм для станков с ЧПУ (УСПМ-16-ЧПУ)	244	2	10	16Н7	60	—	М16	—	—	7—9	
Специализированные наладочные приспособления для станков с ЧПУ (СНЦ-ЧПУ)	20	0,5	20	—	—	12Н7	М16	80	40	7—12	
Универсально-сборная переналаживаемая оснастка для единичного производства серии 8 (УСПО-8)**	4100	4,4	40	—	—	10Н7	М8	3	25	—	
То же серии 12 (УСПО-12Е)**	4000	4,3	40	—	—	12Н7	М12*	50	30	—	
То же (УСПО-16Е)**	4900	5	40	—	—	12Н7	М16	1000	40	7	
Универсально-сборная переналаживаемая оснастка для серийного производства серии 8 (УСПО-8С)**	1000	0,5	32	—	—	10Н7	М8	3,0	25	—	
То же серии 12 (УСПО-12С)**	1000	0,5	32	—	—	12Н7	М12	300	30	—	
То же, паз 16 мм (УСПО-16С)**	1000	0,5	32	—	—	12Н7	М16	1000	40	—	

* Шаг 1,5 мм. ** Изготавливается с 1983 г.

тоже верхней и нижней гайками. При ходе поршня вниз шпилька тянет планку 3, которая прижимает заготовку к опоре.

Прижим для досылки заготовки до упора и дополнительного закрепления приведен на рис. VIII.20, е. В качестве опор для направляющих и опорных базовых поверхностей заготовок набор имеет: неподвижные губки (рис. VIII.20, ж, з); регулируемые опоры (рис. VIII.20, и); самоустанавливающуюся опору (рис. VIII.20, к); пазовые нерегулируемые и регулируемые опоры (рис. VIII.20, л, м).

Отечественной станкостроительной промышленностью централизованно производятся разнохарактерные и разноразмерные комплекты УСП и УСПО, принцип обращения элементов которых в приспособлении для обработки конкретных заготовок аналогичен тому, что принят для применения универсально-наладочного стола. Однако ввиду большой разновидности и числа входящих в них элементов эти комплекты обладают более широкими возможностями для компоновок. Краткие сведения о таких комплектах даны в табл. VIII.3.

Установка и закрепление заготовок в еще большей мере упрощаются и сокращаются по времени при использовании специализированных перенастраиваемых приспособлений, оборудованных механизированными зажимами.

Примером таких специализированных приспособлений может служить групповое многоступенчатое приспособление с гидравлическим зажимом для фрезерования заготовок типа планок и клиньев¹ (рис. VIII.21). Чугунный корпус 1 этого приспособления имеет в своей нижней части ряд сквозных соосных отверстий. В середине их диаметр 70 мм на длине 150 мм, с обоих концов на длинах 250 мм диаметры по 75 мм. С концов запрессованы стаканы 2, образующие полости, в которые по каналам 3 может поступать сжатый воздух, применяемый для осуществления разжима. В отверстиях диаметром 70 мм, работающих как цилиндры, помещаются левые и правые гидравлические поршни 4, перемещающиеся под давлением масла, поступающего по каналам А. Штоки 3 поршней своими проушинами соединены с помощью осей с рычагами 5. Рычаги могут качаться на осях 6. При раздвижке поршней (ход каждого 20 мм) рычаги 5 воздействуют на гайки 7, находясь в пазах своими контактными поверхностями. Это вызывает силовое перемещение гильз 8 прижимов, сходящихся к центру. Положение прижимов можно наладочно регулировать путем вращения винтов 10 (съёмной рукояткой 11), что вызывает перемещение гильз 8 относительно гаек 7 на 90 мм.

Центральный упор 9 позволяет устанавливать и обрабатывать одновременно две разные по высоте заготовки, установленные с помощью применения различных наладочных подкладок. Вдоль приспособления могут быть также установлены и зажаты несколько различных коротких заготовок, каждая из которых закрепляется выделенными для этого одним или двумя прижимами (гильзы 8).

При снятии центрального упора 9 (заполняется вставкой 12) может устанавливаться заготовка размером 130—300 мм.

Источниками рабочего тела (в паших условиях это масло) с необходимыми значениями давления служат одно- и двухступенчатые пневмогидравлические усилители и гидронасосы.

Одноступенчатые пневмогидравлические усилители (мультипликаторы) применяются редко, преимущественно при небольшом рабочем объеме масла (на один—три гидроцилиндра). Двухступенчатые пневмогидравлические усилители имеют обычно достаточный рабочий объем масла при небольшом увеличении габаритов по сравнению с одноступенчатыми усилителями.

На рис. VIII.22 показан двухступенчатый пневмогидравлический усилитель модели С7027—4007 конструкции Оргстанкинпрома, изготавливаемый централизованно.

Усилитель состоит из пневмоцилиндра 9 и двух гидроцилиндров — низкого 7 и высокого давления 6. Шток 3 поршня 2 пневмоцилиндра является плунжером гидроцилиндра 6. Усилитель работает по циклу предварительный зажим — окончательный зажим — разжим.

При повороте рукоятки четырехходового пневматического распределительного крана 5 последовательного включения (В71-33) в положение предварительного зажима сжатый воздух через штуцер 8 поступает в верхнюю полость гидроцилиндра низкого давления 7 усилителя (преобразователя давления). При этом масло из по

¹ Применяется в Ленинградском станкостроительном объединении им. Я. М. Свердлова.

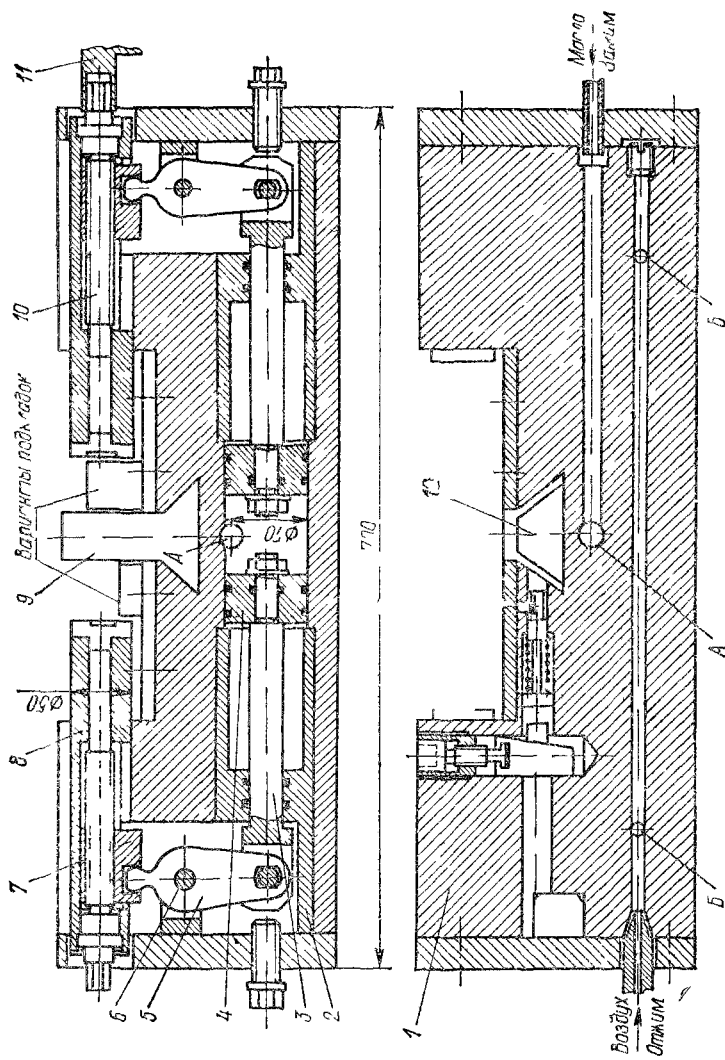


Рис VIII 21
Групповое переналаживаемое
многочестное приспособление
с гидравлическим зажимом

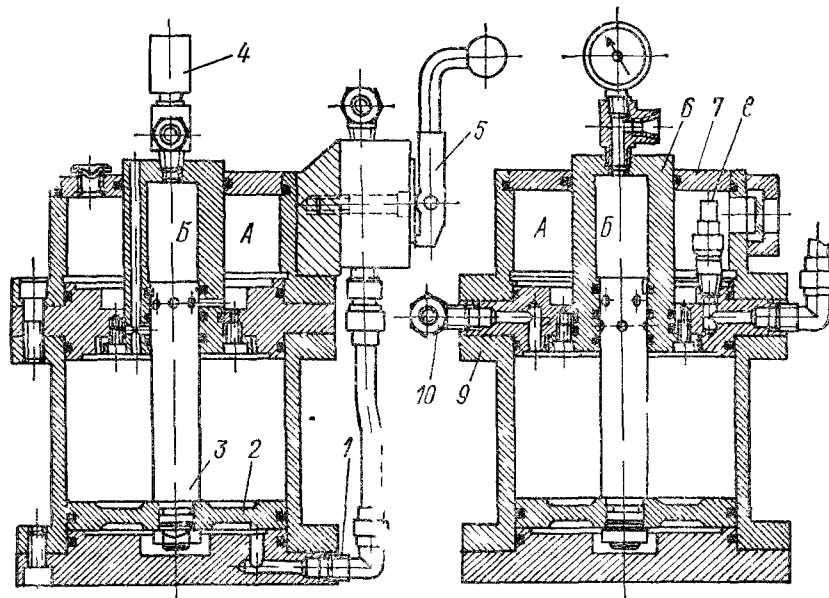


Рис VIII 22
Двухступенчатый пневмогидравлический усилитель

лости *A* объемом 1000 см³ через радиальные отверстия поступает в полость *B* цилиндра высокого давления (мультипликатора) и далее — в гидроцилиндры одностороннего действия приспособлений, осуществляя подвод зажимных элементов к обрабатываемой заготовке и предварительный ее зажим под давлением масла, равным давлению сжатого воздуха.

При переключении рукоятки крана в положение зажима сжатый воздух поступает через штуцер 1 под поршень 2 цилиндра высокого давления. Под действием давления сжатого воздуха поршень 2 со штоком 3 перемещается вверх, вытесняя масло из полости *B* в полость *A*. После того как шток поршня перекроет радиальные отверстия, соединяющие полости *A* и *B*, давление масла в системе начнет повышаться до максимального, равного 10 МПа (при давлении сжатого воздуха 0,5 МПа). Рабочий объем масла в полости *B* равен 80 см³. Давление масла контролируется манометром 4.

При переключении рукоятки крана в положение разжима сжатый воздух поступает через штуцер 10 в верхнюю полость пневмоцилиндра, а нижняя полость сообщается с атмосферой. При этом масло из гидроцилиндров приспособлений засасывается в полость *B* гидроцилиндра высокого давления. Утечка масла в гидроцилиндре высокого давления пополняется из гидроцилиндра низкого давления при перемещении поршня в крайнее нижнее положение. Поршни гидроцилиндров перемещаются в исходное положение под действием давления сжатого воздуха. Так как управление как одноступенчатыми, так и двухступенчатыми усилителями осуществляется пневматическим распределительным краном, то эти усилители можно применять лишь в качестве индивидуальных источников давления станочных приспособлений, устанавливаемых на одном станке и поочередно присоединяемых к усилителю.

Пневмогидравлические насосы в отличие от пневмогидравлических усилителей можно применять в качестве групповых нагнетательных агрегатов, так как объем масла у них не ограничен объемом гидроцилиндра, а нагнетается из резервуара. Кроме того, управление гидроцилиндрами приспособлений осуществляется не по пневматической системе, а по гидравлической — посредством кранов управления. Насосы нагнетают масло только в период подвода и отвода зажимных элементов. После окончания перемещения гидроцилиндров приспособлений насос автоматически отключается.

VIII.5. Приспособления для станков с числовым программным управлением (ЧПУ)

Приспособления для установки заготовок на станках с программным управлением должны отвечать ряду специальных требований.

1. Приспособления должны располагать средствами, с необходимой степенью точности ориентирующими их и устанавливаемыми на них заготовки относительно направлений координатных осей станка.

2. Многоместные приспособления должны обеспечивать установку каждой заготовки с соблюдением наперед задаваемых расстояний, отмеряемых по осям X , Y , Z , которые необходимо выполнить в таких пределах допустимых отклонений, чтобы их алгебраическая сумма ни для одной заготовки не превышала допустимого отклонения в размерах взаимного расположения поверхностей, образуемых в результате обработки.

3. В целях быстрой и правильной установки приспособлений в положения, соответствующие нахождению режущего инструмента в исходной (нулевой по программе) точке, на приспособлениях должны быть предусмотрены установочные средства, обеспечивающие совмещение оси вращения инструмента с заданной точкой на приспособлении.

4. В случае отсутствия установочных средств должны быть указаны поверхности приспособлений, от которых определяют положение исходной точки (ИТ)¹; размеры до ИТ по осям X , Y и Z должны быть отравированы на приспособлении.

5. Приспособления должны, как правило, располагать механизированными зажимами, обеспечивающими быстрое и надежное закрепление заготовок.

Переналаживаемые универсально-сборные приспособления, основанные на использовании универсально-наладочных столов (УНС), успешно применяются при работе на фрезерных станках с ЧПУ.

Примером этого могут служить показанные на рис. VIII.23—VIII.25 три варианта наладок одного и того же УНС с гидроцилиндрами, механизмирующими зажим для обработки разных заготовок.

На рис. VIII.23 (1-й вариант) приведено приспособление, на котором одновременно установлено 10 заготовок 5 (показана только часть), обрабатываемых по объединенной программе. Заготовки установлены с соблюдением точных расстояний между ними: $l_x = 100 \pm 0,03$ мм; $l_y = 100 \pm 0,03$ мм, что обеспечивается специальными сменными промежуточными (между заготовками и УНС) подкладками 1. Положение подкладок относительно УНС определено тремя для каждой подкладки пальцами 6, плотно входящими в калиброванные пазы, ориентированные по направлениям координатных осей X и Y . Положение заготовок относительно подкладок 1 определено центральными пальцами и шпонками в них, базирующими заготовки по калиброванному отверстию со шпоночными пазами. Заготовки закрепляются одновременно десятью прижимами 3 и пятью прижимами 4, шпильки 2 которых ввертываются в резьбовые отверстия в штоках плунжеров встроенных гидроцилиндров УНС.

На УНС может быть предусмотрен установочный для фрезы в ИТ. Положение его в соответствии с программой обработки задается относительно базирующих поверхностей первой заготовки координатами x_1 , y_1 и z_1 .

Сама плита УНС устанавливается на столе станка и выверяется на параллельность ее пазов направлению продольной подачи с помощью индикатора, после чего закрепляется.

На рис. VIII.24 (2-й вариант) показано приспособление, на котором одновременно устанавливается три относительно крупных заготовки. Специальные подкладки 1 своими тремя пальцами B в каждой входят в калиброванные пазы. Внешние пять штырей B служат упорами, определяющими положение заготовки. Четыре из них выставляют заготовку по ее центральному пазу, пятый — по торцевой поверхности. Прижимы 2 и 3, соединенные со штоками гидроцилиндров, механически закрепляют все заготовки одновременно.

¹ См. гл. III.

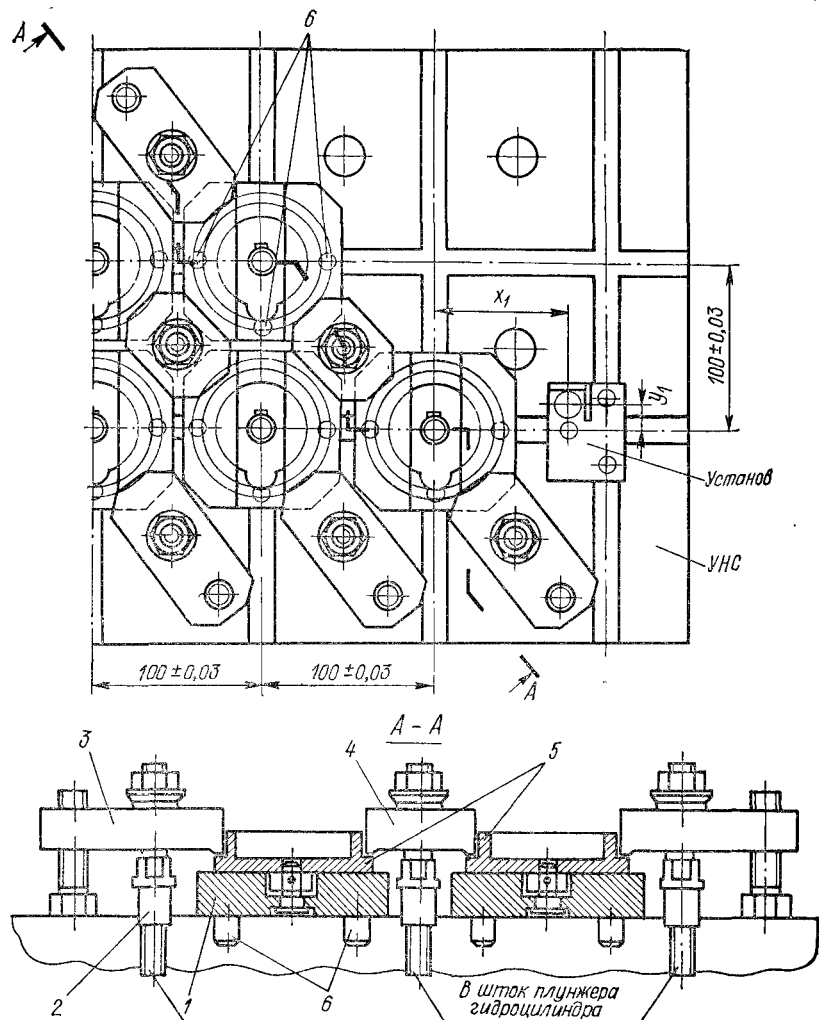


Рис. VIII.23.

Переналаживаемые приспособления для станков с ЧПУ на основе УНС (1-й вариант)

Жирными линиями показаны обрабатываемые поверхности заготовок — четыре выкружки с $R = 25$ мм, четыре отверстия с $D = 26$ мм и одно отверстие с $D = 12$ мм.

Третья наладка приспособления показана на рис. VIII.25 (3-й вариант). В этом случае на УНС установлены четыре специальные подкладки 1, положение которых в каждой определяют три пальца Б, входящие в калиброванные продольные и поперечные пазы. Подкладки 1 отдельно закреплены болтами 5, завинченными в резьбовые отверстия сухарей, находящихся в поперечных Т-образных пазах УНС.

Базирование заготовок производится калиброванными пальцами В по двум обработанным отверстиям во фланце заготовки. Закрепление, как и в ранее приведенных приспособлениях, производится механизированными прижимами 3 и 4, шпильки 2 которых соединены со штоками гидроцилиндров. Восемь установленных

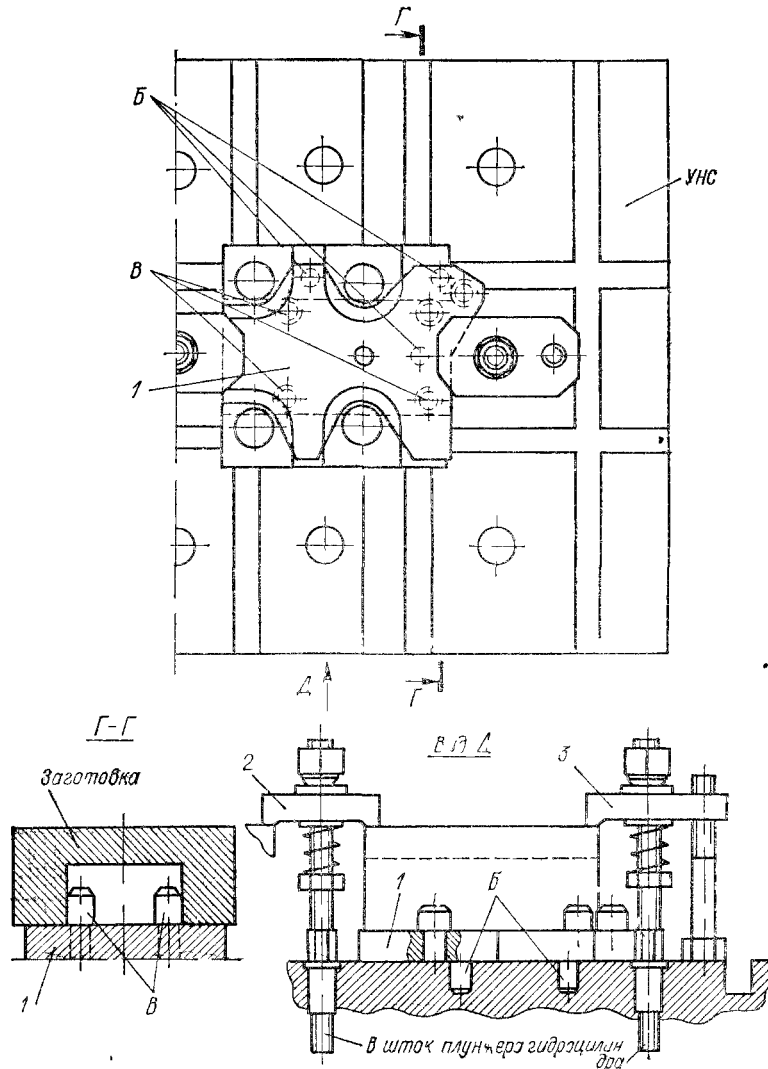


Рис. VIII 24
Переналаживаемые приспособления для станков с ЧПУ на основе УНС (2 й вариант)

заготовок обрабатываются по объединенной программе. На этой операции фрезеруется по контуру эллипс 38×46 мм и сверлятся четыре отверстия М6, 7Н.

При обработке на фрезерных станках с ЧПУ заготовок небольших размеров (примерно до $100 \times 120 \times 60$ мм) партиями, содержащими сравнительно ограниченное их количество, эффективно могут использоваться универсальные приспособления с быстродействием зажима, например пневматические или пневмогидравлические машинные тиски.

Так как тиски в лучшем случае могут фиксировать положение заготовки только по двум осям координат, то их применение требует дополнения простейшими налад-

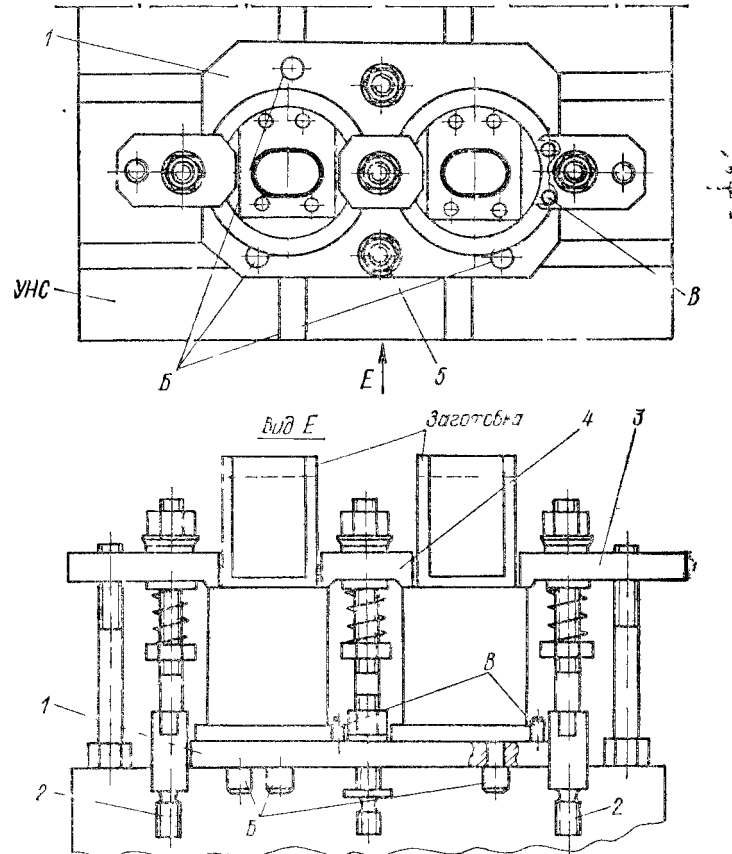


Рис VIII.25.
Переналаживаемые приспособления для станков с ЧПУ на основе УНС
(3-й вариант)

ками. Такие наладки должны обеспечивать фиксирование заготовки по трем координатам X, Y и Z и вывод инструмента в ИТ.

На рис VIII 26 приведена простейшая наладка универсальных пневматических тисков (см рис VIII 10). Подвижная губка 1 обычно сохраняет свою постоянную наладку 2, настраиваемая — неподвижная — губка 5 оснащается специальной накладкой 4, на которой имеется круглый упор 3, определяющий положение устанавливаемой заготовки 8 по координатной оси Y. На конце наклейки неподвижно закреплена пластина 6, в которой выполнен угловой установ в ИТ по координатам X, Y. Ось контроля этого валика A или концевой фрезы, закрепляемых в шпинделе станка, совмещается с центром установка. Правильность совмещения контролируется равенством щелей $\delta_1 = \delta_2$ при помощи пластинок шупа. Когда такое положение оси фрезы будет достигнуто, она будет находиться на расстоянии a по оси Y и расстоянии b по оси X от базовых поверхностей заготовки. Эти расстояния делаются равными координатам ИТ, на которые она отстоит от заготовки по данным программы. За начало отсчета по оси Z обычно принимается горизонтальная направляющая поверхность B дисков. Положение заготовки в этом направлении определяется подкладкой 7 соответствующего (по программе) размера. Поверхность B пластины 6 перпендикулярна к опорной поверхности наклейки 4, она служит для выверки всего при-

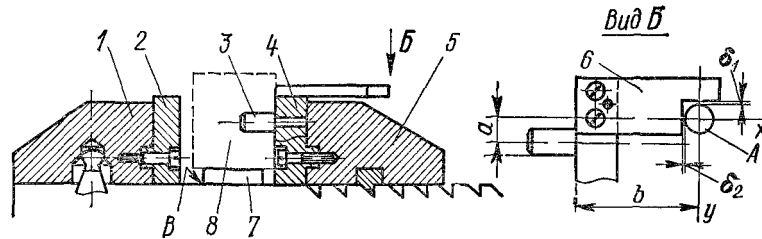


Рис. VIII.26.

Наладка к пневматическим тискам для станка с ЧПУ

способления на параллельность направлению продольной подачи стола станка т е оси X его координатной системы.

Способ ориентирования любых заготовок прямоугольных форм по координатным осям станка, называемый «координатным углом», рационально использовать при установке непосредственно на поверхности стола заготовок относительно крупных размеров, например литых чугунных, стальных и силуминовых корпусных коробчатых заготовок (рис VIII 27, б) В машиностроении встречаются детали, требующие точной обработки плоских поверхностей, расположенных по обводу фигурного контура Эти поверхности являясь обычно конструкторскими и технологическими базами, должны иметь сравнительно высокую плоскостность (0,02—0,05 мм на 1 м) Достижение такой плоскостности на фрезерных станках с ручным управлением — задача весьма трудная, связанная с тем, что при перемене направления подачи на некоторое время она вовсе отключается На станках с ЧПУ контурная подача, происходящая одновременно в продольном и поперечном направлениях ни на момент не прекращается Вследствие этого никакого изменения режима резания не происходит и силы, действующие в системе СПИД, сохраняются примерно на одном уровне

На рис VIII 27 а показана схема размещения на столе станка боковых опор и упор 1 определяет положение заготовки по оси X , упоры 2 и 4 — по оси Y Простейшее приспособление 3 представляет собой плоский угольник с точно перпендикулярными друг другу наружными и внутренними боковыми поверхностями На выступ пающей части длинной линейки этого угольника предусмотрено точное отверстие,

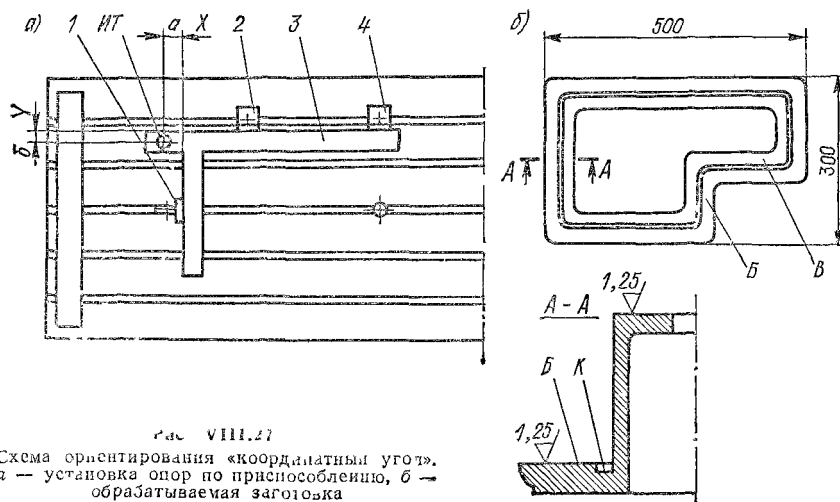


Рис VIII.27

Схема ориентирования «координатный угол». а — установка опор по приспособлению, б — обрабатываемая заготовка

центр которого имитирует *ИТ*, отстоящую на размер *a* по оси *X* от боковой стороны приспособления *З*, прижатой к упору *1*, и на размер *b* по оси *Y* от стороны, прижатой к упорам *2* и *4*. Значения размеров *a* и *b* гравированы на поверхности приспособления. Этими же размерами в программах обработки задаются *ИТ* относительно базовых поверхностей заготовки. Нулевая точка по оси *Z* совмещается с плоскостью стола станка.

Следует заметить, что здесь заготовки базируются несработанными поверхностями (за исключением установочной поверхности заготовки) и, следовательно, могут возникать ошибки положения от *ИТ*, достигающие до 1—2 мм; но так как обрабатываемая поверхность *B* (рис VIII 27, б) допускает смещения фрезы почти на половину разности диаметра фрезы и ширины поверхности, а поверхность *Б* — на ширину необработанной канавки *К*, идущей по всему контуру отливки, то даже такие значительные ошибки все же вполне допустимы.

Изложенный способ весьма экономичен. Закрепление заготовок осуществляется стандартизованными прижимами.

ДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ГОЛОВКИ И ИХ НАСТРОЙКА

IX.1. Устройство делительных головок и работа с ними

Назначение делительной головки — производить периодические повороты обрабатываемой заготовки на заданные равные и неравные углы или непрерывно вращать обрабатываемую заготовку.

При работе на фрезерных станках делительные головки предназначаются для фрезерования канавок различного профиля (как прямолинейных, так и спиральных) на цилиндрических и конических заготовках. Путем соответствующей настройки делительной головки может быть обеспечено размещение по окружности заготовки любого числа канавок. Делительные головки используются главным образом на горизонтально-фрезерных станках. Для универсально-фрезерных станков они являются обязательной принадлежностью; к простым горизонтально-фрезерным станкам они поставляются лишь по особому требованию заказчика.

Различают следующие виды делительных головок: простые — для непосредственного деления, универсальные и оптические. В целях повышения производительности труда в крупносерийном и массовом производстве применяют многошпиндельные делительные головки.

Простые головки для непосредственного деления отличаются простотой конструкции и легкостью управления. Применяются они преимущественно для обработки относительно простых деталей, изготавливаемых в больших количествах.

В корпусе простой делительной головки расположен шпиндель, передний конец которого используется для закрепления обрабатываемой детали; на заднем конце шпинделя крепится делительный диск (лимб), имеющий на окружности определенное число пазов. Головки этого типа предоставляют возможность деления заготовки на ограниченное число равных частей — 2, 3, 4, 6, 8, 12 и 24, что обусловлено числом пазов на делительном диске. Однако при изготовлении специального делительного диска такая головка может быть приспособлена и для других чисел делений, а также для деления на неравные части. Угол поворота шпинделя отсчитывается непосредственно по делительному диску.

Головки для непосредственного деления выполняются горизонтальными (с горизонтальным расположением шпинделя) и вертикальными (с вертикальным расположением шпинделя). Последние снабжаются трехкулачковым патроном, в котором обычно закрепляется обрабатываемая деталь.

Универсальные делительные головки (УДГ) имеют более сложную конструкцию и применяются в единичном, мелкосерийном, экспериментальном и реже — серийном производстве. Они широко используются в ремонтном, и особенно в инструментальном цехе.

В отечественной промышленности используются универсальные делительные головки моделей УДГ-Д160, УДГ-Д200, УДГ-Д250, УДГ-Д320 и УДГ-Д400, а также выпускаемые с 1980 г. (ГОСТ 8615—80) головки следующих обозначений: 7036-0051; 7036-0061; 7036-0052; 7036-0062; 7036-0053; 7036-0063; 7036-0054; 7036-0064; 7036-0055; 7036-0065; 7036-0056; 7036-0066. Технические характеристики УДГ приведены в табл. IX.1. Для особо точных делительных работ применяются оптические делительные головки. Такие головки обеспечивают деление с точностью до 30'.

На рис. IX.1, а и б изображена УДГ. Обрабатываемая заготовка может быть закреплена в патроне, наворачиваемом на шпиндель, или установлена между цн-

трами делительной головки 6 и задней бабки 2 с закреплением ее поводком 7. При обработке тонких и длинных заготовок их рекомендуется поддерживать домкратом 4. Маховичком 1 центр перемещается вдоль своей оси, а боковым маховичком центр, находящийся в подвижном корпусе 3, регулируется в вертикальном направлении. Последнее позволяет устанавливать заготовку, находящуюся в центрах, под различными углами по отношению к поверхности стола станка. Это оказывается необходимым во многих случаях обработки конических изделий.

На передней части УДГ размещен лобовой делительный диск 5, который фиксируется защелкой-фиксатором 8. Диск имеет либо определенное число отверстий (табл. IX.1), расположенных в трех рядах на концентрических окружностях, либо угловую шкалу в градусах.

Поворот шпинделя осуществляется вращением рукоятки 13 и валика 14 через цилиндрическую и червячную пары. При простом делении поворот рукоятки может быть отсчитан по отверстиям бокового делительного диска 11 (здесь он остается неподвижным) с последующей фиксацией рукоятки 13 защелкой, цилиндрический шпе-

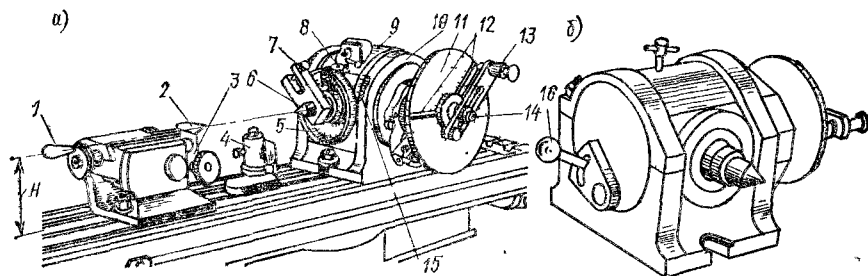


Рис. IX.1.
Общий вид УДГ

пек которой входит в соответствующее отверстие диска. При дифференциальном делении поворот и отсчет осуществляются так же, но в этом случае боковой делительный диск УДГ становится подвижным; он вращается от шпинделя через зубчатые передачи, набранные на гитаре УДГ. На боковом делительном диске 11 имеются несимметричные отверстия, равномерно расположенные на концентрических окружностях. Число рядов и отверстий в каждом ряду для разных УДГ указано в табл. IX.1. Число отсчитываемых отверстий, соответствующее необходимому повороту рукоятки 13, ограничивается линейками раздвижного сектора 12. Это делается в целях предотвращения ошибок при повторяющихся отсчетах.

Вращением поворотного корпуса 9 головки относительно неподвижного корпуса 10 можно установить шпиндель УДГ и заготовку, закрепленную в патроне или центрах, под желаемым углом к плоскости стола. Отсчет такого угла может быть произведен по угловой шкале 15.

На рис. IX.2, а и б приведены разрезы и сечения УДГ. В неподвижном корпусе 19, на выполненных в нем полукруглых опорах лежит поворотный корпус 6, в котором расположен шпиндель 3. Такое устройство обеспечивает возможность устанавливать шпиндель как горизонтально, так и наклонно, и вертикально относительно плоскости основания. В крайних положениях ось шпинделя располагается либо под углом 10° ниже горизонтали, либо под углом 10° за вертикалью.

Поворотный корпус в необходимом положении закрепляется гайками Б и В, стягивающими дуги 10 и 11.

Для ориентирования головки на столе станка служат шпонки 8 и 9, входящие в паз стола.

Шпиндель 3 вращается в коническом отверстии — подшипнике в корпусе 6 и во втулке 7, запрессованной в нем же. На шпиндель насажено червячное зубчатое колесо 4, соединенное с ним неподвижно шпонкой, оно может находиться в зацеплении с червяком 21. Зажим шпинделя в рабочей позиции осуществляется вращением рукоятки Г (сечение А—А). При этом винт 25, завинчиваясь в резьбовое отверстие

Таблица IX.I
Технические характеристики УДГ, размеры, мм (ГОСТ 8615—80)

Обозначение	Исполнение	Наибольший диаметр заготовки	Конус Морзе	Концы шпинделя		Диаметр скважины	Размеры делительной головки			Перекаточное отношение червячной пары	Число отверстий делительного диска		Длина концевой части шпинделя	Максимальное число делений окружности	Масса головки, кг
				Резьбовый d	Ключевой размер по ГОСТ 12593—72		Длина b	Ширина B	Высота до центра H		на одной стороне	на другой стороне			
7036-0051	1	160	2	M37	—	14,9	220	160	180	1:40	16, 19, 23, 30, 33, 39, 49	17, 21, 29, 31, 37, 41, 54	32	400	40
	2						220	160	205		49				
7036-0052	1	200	3	M39	—	20,2	260	180	235	1:40			35	400	55
	2						260	180	260						
7036-0053	1	250	4	M52	—	26,5	260	180	280	1:40			45	400	60
	2						260	180	300						
7036-0054	1	320	5	M60	—	38,2	300	240	350	1:40	16, 17, 19, 21, 23, 29, 30, 31		57	400	110
	2						300	240	370		33, 37, 39, 41, 43, 47, 49, 54				
7036-0055	1	400	5	M76 X 4	—	38,2	300	240	450	1:40			67	400	120
	2						300	300	460						
7036-0056	1	500	6	M90 X 6	—	54	350	—	560	1:40			67	400	120
	2						350	—	560						

Примечание. Исполнение 1 — резьбовой конец шпинделя; исполнение 2 — с фланцевым концом под поворотную шайбу по ГОСТ 1259—72

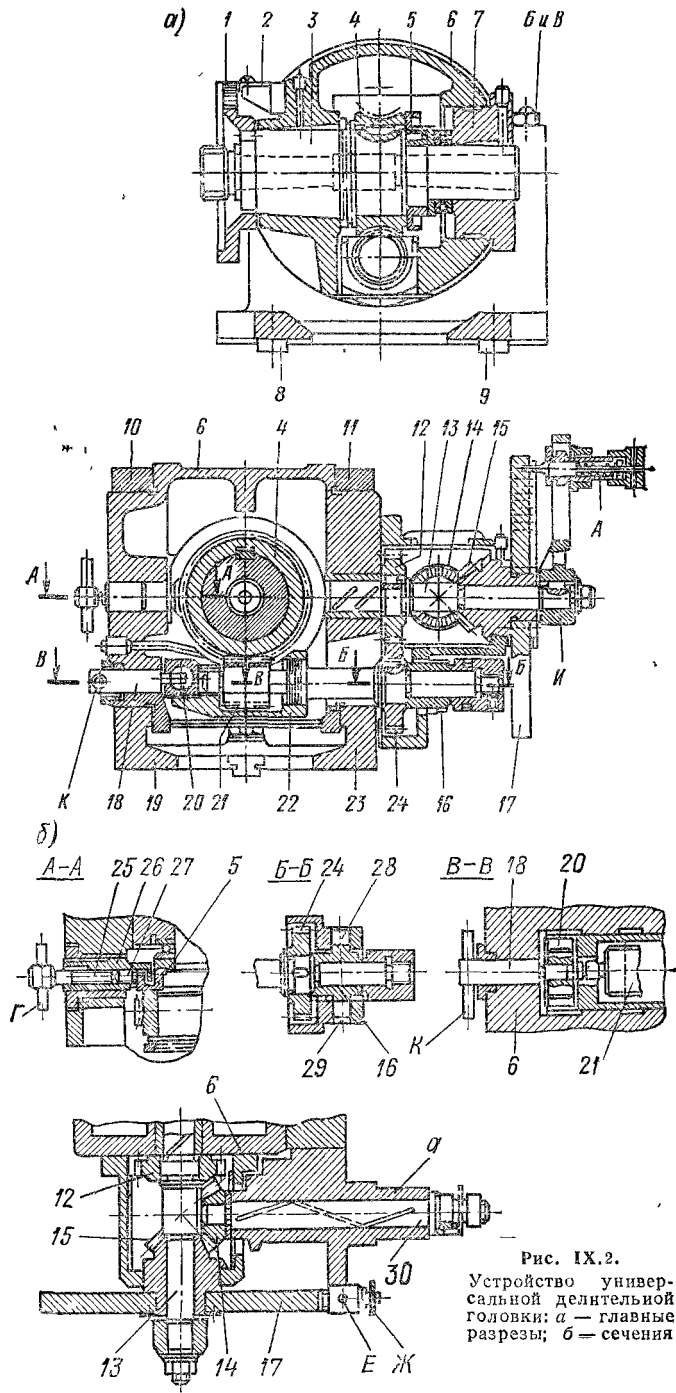


Рис. IX.2.
 Устройство универсальной делительной головки: *a* — главные разрезы; *б* — сечения

штулки зажима 26, одновременно упирается в сухарик 27 и тем самым — в наружную цилиндрическую поверхность кольца 5. Вследствие этого втулка зажима 26 также перемещается, но в обратном относительно сухарика 27 направлении, что приводит к схватыванию кольца 5 с двух сторон — крючком на конце втулки зажима со стороны канавки в кольце и сухариком с внешней его стороны. Кольцо 5 неподвижно соединено со шпинделем.

В случаях использования УДГ для дифференциального деления обратная передача вращения — от шпинделя боковому делительному диску — осуществляется с помощью специального (несущего сменную шестерню) валика, который устанавливается в конусное центральное отверстие на заднем конце шпинделя.

Червяк 21 помещается в коробке 22, заполняемой маслом. Подшипником валика 23 червяка со стороны делительного диска служит втулка 16 (сечение Б—Б), имеющая цапфы 28 и 29, на которых она может поворачиваться. С другого конца валик 23 имеет опорой и подшипником поверхность отверстия в коробке 22. С этой же стороны коробка 22 имеет поперечное отверстие, в котором помещен круглый ползунок 20 с поперечным отверстием в середине. В это отверстие входит эксцентричная цапфа концевой части валика 18 (сечение В—В). При повороте валика 18 рукояткой К на пол-оборота эксцентричная цапфа займет свое нижнее положение, одновременно опустив в него коробку 22 с червяком 21 и тем самым выведя последний из зацепления с червячным колесом 4¹.

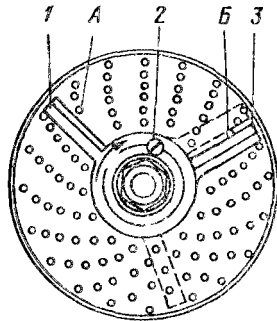


Рис. IX.3.
Боковой делительный диск

Лобовой делительный диск имеет 24 отверстия, благодаря чему заготовка может быть разделена на 2, 3, 4, 6, 8, 12 и 24 части. При делении заготовки на z частей угол поворота шпинделя

$$\alpha = 360/z, \quad (33)$$

где z — заданное число делений.

Метод простого деления. При этом методе червяк 21 вводится в зацепление с червячным колесом 4. Поворот обрабатываемой заготовки осуществляется в этом случае посредством рукоятки И, закрепленной на валике 13. Вращение валика через зубчатые колеса 12 и 24, червяк 21 и зубчатое червячное колесо 4 передается шпинделю головки, а с ним — обрабатываемой заготовке.

Передаточное отношение колес 12 и 24 и червячной пары 21—4 равно 1 : 40. Величина, обратная этому отношению, называется *характеристикой делительной головки* и обозначается буквой N . Для всех отечественных УДГ $N = 40$.

Отсчет поворота обрабатываемой заготовки ведется по неподвижному боковому делительному диску 17 относительно отверстий, размещенных на одном из рядов, концентрично расположенных по окружностям. В одно из таких отверстий в конце отсчета вводится штифт А.

Для ускорения безошибочного отсчета промежутков между отверстиями (или отсчета отверстий) делительного диска, что должно производиться при каждом повороте обрабатываемой заготовки, служит раздвижной сектор (рис IX.3); линейки 1 и 3 этого сектора устанавливаются так, чтобы между ними было число промежутков ряда, найденное по одной из формул для определения числа оборотов рукоятки головки, приводимых ниже. Если отсчет производить по отверстиям ряда, начиная с того, в которое входил штифт фиксатора при последнем положении сектора, то

¹ В УДГ других конструкций вывод червяка 21 из зацепления с червячным колесом 4 производится рукояткой 16 (см. рис. IX.1, б).

число отсчитываемых отверстий должно быть на единицу больше числа пропускаемых промежутков.

Для установки сектора в рабочее положение нужно ввести стержень фиксатора в одно из отверстий выбранного ряда делительного диска, например в отверстие *A*. Освободив винт *2*, соединяющий линейки *1* и *3* сектора, подводят линейку *1* к стержню фиксатора. Отсчитав число промежутков ряда, подводят к последнему отверстию *B* линейку *3* фиксатора и закрепляют сектор винтом *2*.

После того как поверхность заготовки будет обработана фрезой при данном положении фиксатора, рукоятку головки поворачивают по часовой стрелке и вводят стержень фиксатора в отверстие *B*; затем в том же направлении поворачивают и сектор до соприкосновения фиксатора с линейкой *3* (в новом положении сектор показан штриховыми линиями).

Рукоятку следует вращать по часовой стрелке, чтобы исключить влияние мертвых ходов в передаче от валика рукоятки к шпинделю головки (учитывая при этом наличие встречного направления суммируемых сил резания). Когда фиксатор рукоятки окажется напротив последнего пропускаемого промежутка между отверстиями ряда, рукоятку фиксатора необходимо опустить и, осторожно постукивая по ней рукой, довести до требуемого положения. В этот момент фиксатор под действием пружины войдет в отверстие ряда. Если рукоятка случайно окажется повернутой на угол больший, чем требуется, то для устранения люфта в червячной паре головки ее необходимо повернуть на некоторый угол в обратном направлении и затем вновь повернуть в первоначально выбранном направлении до требуемого положения.

Защелка *Ж*, закрепляемая вингом *E* (см. рис. IX.2), обеспечивает неподвижность диска *17*, так как мелкие зубчики, имеющиеся на торцевой поверхности защелки, входят во впадины между такими же зубчиками на ободке диска.

Указанное устройство обеспечивает возможность поворота диска без вращения рукоятки *И* (см. рис. IX.2), т. е. без изменения положения обрабатываемой заготовки. Это требуется в том случае, когда необходимо, чтобы заготовка была установлена и закреплена в определенном положении по отношению к фрезе, а стержень фиксатора *A* при таком положении оказался в промежутке между отверстиями диска. Подобный случай возможен, например, при чистовом фрезеровании зубчатых колес, когда необходимо, чтобы плоскость симметрии предварительно обработанных впадин между зубьями фрезеруемого колеса оказалась совмещенной с плоскостью симметрии фрезы.

Метод дифференциального деления. Применяется, когда невозможно произвести деление методом простого деления. Например, в тех случаях, когда число частей выше 42, не кратно числу отверстий на делительном диске.

Дифференциальное деление возможно только при горизонтальном положении шпинделя. При этом методе червяк *21* вводится в зацепление с червячным колесом *4*. Защелка *Ж* бокового делительного диска *17* должна быть выключена.

Поворот обрабатываемой заготовки производится вращением рукоятки *И*, а отсчет этого поворота ведется по одному из круглых концентричных рядов отверстий диска *17*. В этом случае при вращении рукоятки *И* делительный диск *17* также вращается в одном и том же направлении с ней или навстречу. Такое вращение бокового делительного диска сообщается ему вращающимся шпинделем головки, с которым диск соединяется коническими зубчатыми колесами *14* и *15* и набором сменных цилиндрических зубчатых колес.

Первое из сменных колес z_1 , являющееся в этой передаче ведущим, устанавливается (рис. IX.4) на шпиндельном валике (см. с. 180), а последнее — z_4 — на валике *30* привода УДГ (см. рис. IX.2). Промежуточные сменные колеса z_2 и z_3 устанавливаются на гитаре, на цилиндрической части *a* выступа коробки привода головки.

В некоторых случаях вращение шпинделя головки передается двумя парами сменных колес. Для возможности сцепления расчетных зубчатых колес сменного набора или для обеспечения требуемого направления вращения делительного диска между расчетными зубчатыми колесами вводится одно или два паразитных колеса z_n .

К делительным головкам прилагаются сменные зубчатые колеса с числами зубьев 25, 30, 35, 40, 50, 55, 60, 65, 70, 80, 85, 90, 100.

Фрезерование винтовых канавок производится с применением специального устройства, обеспечивающего непрерывное вращение шпинделя УДГ. Вращение шпиндель получает от винта продольной подачи стола фрезерного станка и сообщается

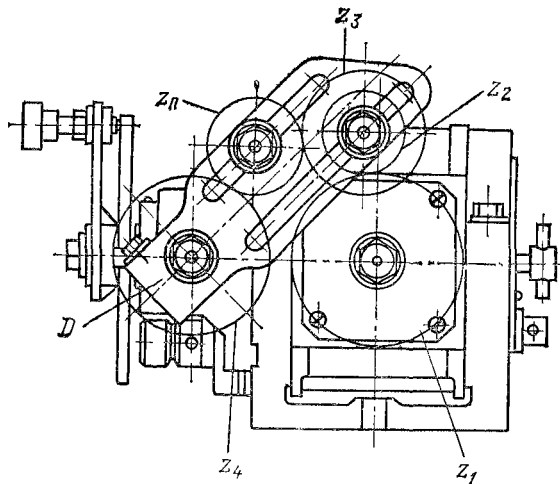


Рис. IX.4.
Схема настройки гитары УДГ при дифференциальном делении

рис. IX.2) делительному диску 17. Диск 17 соединен с рукояткой И с помощью вошедшего в отверстие шпильки фиксатора А, вследствие чего его вращение сообщается рукоятке, а затем через передачи — зубчатые колеса 12 и 24, червяк 21 и червячное колесо 4 — шпинделю головки и соединенной с ним обрабатываемой заготовке.

Выше были рассмотрены делительные головки современного исполнения. Ранее в отечественной промышленности производились делительные головки, аналогичные им и принципиально мало отличающиеся по своей конструкции от современных головок.

Головки старых моделей, которые распространены и используются современными предприятиями, выпускались с числами отверстий бокового делительного диска на одной стороне 24, 25, 28, 30, 34, 37, 38, 39, 41, 42, 43 и на другой стороне 46, 47, 49, 51, 53, 54, 57, 58, 59, 62 и 66. С помощью этих головок можно осуществлять простое деление на любое число до 60.

Оптические делительные головки применяются для точных отсчетов углов поворота заготовок: при изготовлении многолезвийных режущих инструментов, делительных дисков механических приспособлений и других точных деталей преимущественно

передает валу приводной головки через постоянные и сменные зубчатые колеса, расположенные на малой Г и большой Д гитарах (рис. IX.5).

Постоянное зубчатое колесо $z = 50_1$ передает вращение винта продольной подачи другому постоянному колесу $z = 50_2$, связанному шпонкой со втулкой, вращающейся на неподвижном пальце гитары. На этой же втулке расположено первое сменное зубчатое колесо z_1 ; сменные зубчатые колеса z_2 и z_3 насажены на втулку, которая вращается на переставляемом в пазу пальца гитары. Сменное зубчатое колесо z_4 , закрепленное на валу привода головки, передает вращение через зубчатые колеса 14 и 15 (см.

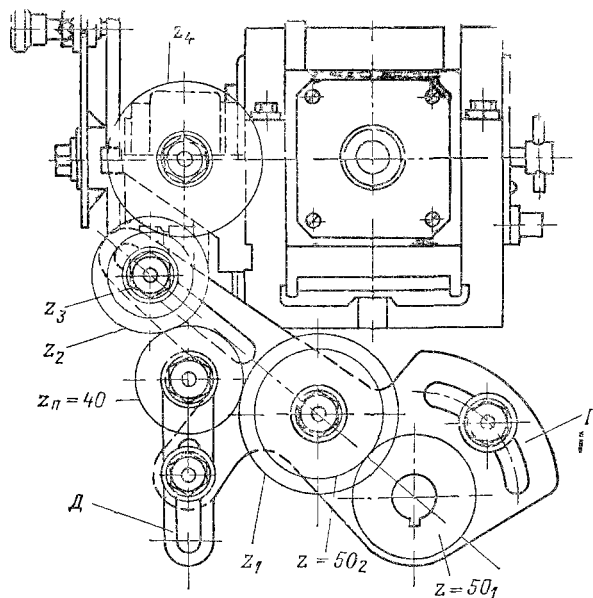


Рис. IX.5.
Схема настройки гитары УДГ при фрезеровании винтовых канавок

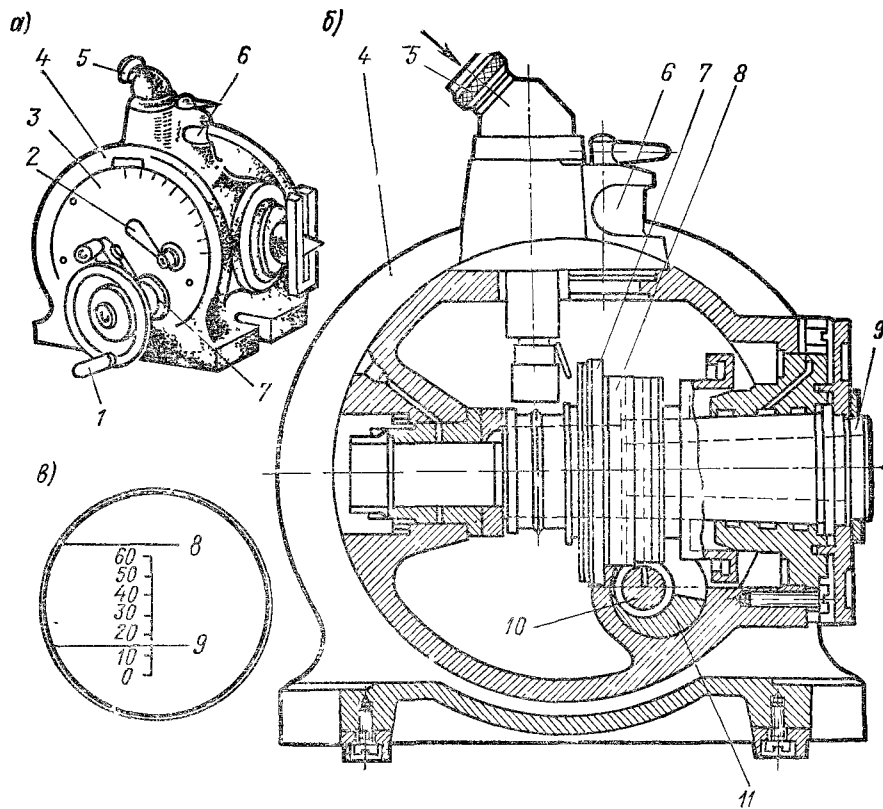


Рис. IX.6.

Оптическая делительная головка *a* — общий вид; *b* — разрез по шпинделю в вертикальной плоскости, *в* — нониус

ственно инструментального, производства нанесения делений на шкалах

На рис. IX.6 показаны общий вид и устройство оптической головки. Она состоит из корпуса 4 и поворотной части 3, внутри которой на подшипниках скольжения установлен шпиндель 9. Шпиндель может занимать вертикальное положение — 90° от горизонтали и вниз от нее на 10° . На шпинделе неподвижно закреплено червячное колесо 8, приводимое во вращение червяком 10, когда он введен с ним в зацепление люлькой 11, поворачиваемой рукояткой 7 (рис. IX.6, *a*). Червяк вращается рукояткой 2. К внутреннему торцу червячного колеса 8 (рис. IX.6, *b*) строго concentрично прикреплен стеклянный диск 7, на ободке которого выполнена круговая шкала с ценой деления 1° . По этой шкале с помощью оптического отсчетного микроскопа 5 при увеличении в 60 раз производится отсчет углов поворота. Круговая шкала освещается лампочкой 6 через призму и зеркальце. В поле зрения окуляра расположен нониус (рис. IX.6, *в*), разделенный на 60 частей. По нониусу можно отсчитывать углы с точностью до $1'$. На рисунке показан отсчет угла поворота шпинделя со значением $9^\circ 15'$.

Принадлежности делительных головок. В качестве принадлежностей УДГ используются задняя бабка, две гитары сменных колес, передний центр с поводком, домкрат, специальные и универсальные подкладки, трехкулачковый патрон и оправки для закрепления деталей.

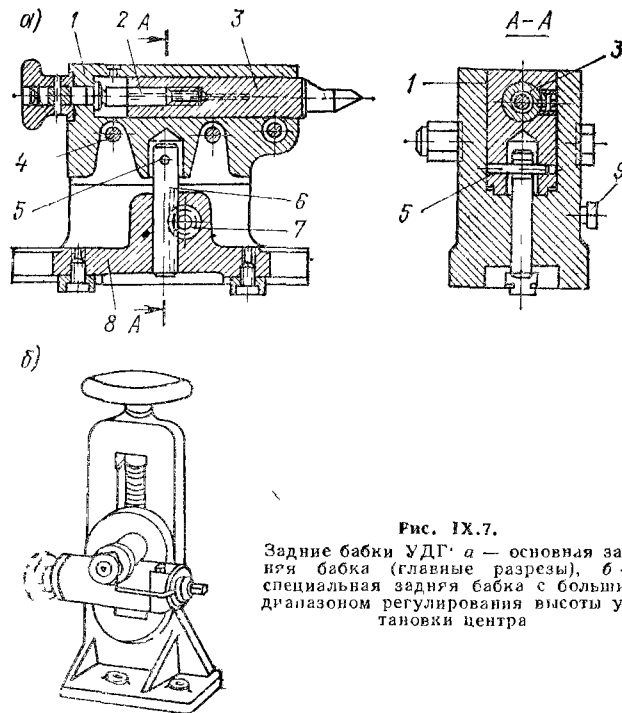


Рис. IX.7.
Задние бабки УДГ: *a* — основная задняя бабка (главные разрезы), *б* — специальная задняя бабка с большим диапазоном регулирования высоты установки центра

На рис IX 7, *a* показано устройство задней бабки. Ее корпус 1 расположен в глубоком пазу основания 8. Подъем и опускание корпуса производятся после освобождения гаек стяжных болтов 4 вращением шестигранной головки 9, зубчатого валика 7, сцепленного с валиком рейкой 6, верхний конец которой соединен штифтом 5 с корпусом 1.

После установки корпуса в требуемое положение он закрепляется в основании бабки болтами 4. Перемещение пиноли 3 осуществляется вращением маховичка винта 2.

При фрезеровании конических деталей, закрепляемых в центрах, ось пиноли задней бабки должна совпадать с осью наклонно установленного шпинделя делительной головки. В таких случаях необходима специальная задняя бабка (рис IX 7, *б*), пиноль которой может быть поднята на большую высоту и установлена под большим углом к плоскости стола, чем пиноль бабки по рис. IX 7, *a*.

Гитары сменных колес, применяемые при дифференциальном делении и фрезеровании винтовых канавок, изображены соответственно на рис IX 4 и IX 5.

На рис. IX 8 показаны принадлежности делительных головок. Шпиндельный валик, используемый при дифференциальном делении (рис IX 8, *a*), крепится в отверстии шпинделя затягиванием винтом 2 конусной пробки 1, которая расширяет конусную часть валика за счет имеющихся в ней трех сквозных пазов П. Передний центр 3 (рис. IX 8, *б*) с поводком 4 устанавливается в коническое гнездо шпинделя. Конус центра при его вершине должен иметь угол 60° . В правом конце центра имеется резьбовое отверстие для ввертывания штифта (тяги), посредством которого центр закрепляется в шпинделе делительной головки.

Домкрат (рис IX 8, *в*) применяется для поддержки жестких заготовок. Круглая заготовка располагается в призматическом углублении регулируемой головки 7 домкрата. Регулирование по высоте осуществляется завинчиванием или вывинчиванием гайки 5. Фиксирование положения головки 7 производится завинчиванием стопорного винта 6.

Хомутик 8 (рис IX 8, e) закрепляется на обрабатываемой заготовке при ее установке в центрах. Отогнутый конец заводится в паз поводка 4, который передает заготовке вращение шпинделя.

Жесткая центровая оправка (рис IX 8, d) и консольная оправка (рис IX 8, e) предназначены для закрепления заготовок, имеющих в качестве базы отверстия. Жесткая оправка устанавливается в центры головки и ее задней бабки, а консольная — в конусное гнездо шпинделя головки.

Поворотная плита (рис IX 8, ж) применяется в случаях, когда ось делительной головки должна занять положение под некоторым углом к направлению продольной подачи стола станка.

IX.2. Деление заготовок на равные части

Настройка для деления заготовок на равные части методом непосредственного деления. На УДГ для случаев их использования по методу непосредственного деления на переднем конце шпинделя имеется делительный диск со шкалой, цена делений которой 1° .

Отсчет угла поворота производится по нониусу, нанесенному на пластинке, прикрепленной к корпусу головки. Цена делений нониуса $5'$. На рис. IX.9 показан пример отсчета угла поворота шпинделя $40^\circ 10'$. Нулевой штрих нониуса показывает, что целых градусов на шкале диска 40, а второй штрих нониуса совпадает со вторым штрихом шкалы диска, и так как цена одного деления нониуса составляет $5'$, то два деления дают $10'$. Итого $40^\circ 10'$.

Часто на чертеже изготавливаемой детали углы не указаны, а приведено лишь число частей z , на которое должна быть разделена заготовка, например при фрезеровании пяти граней и др. В этих случаях угол поворота по градусной шкале определяется по формуле (33).

При делении на z частей по отверстиям, имеющимся на задней стороне делительного диска, число промежутков (шагов) между двумя соседними отверстиями, на которое нужно повернуть диск, определяется по формуле

$$\delta = a/z, \quad (34)$$

где a — число отверстий на выбранном делительном ряде (число a должно быть кратно z).

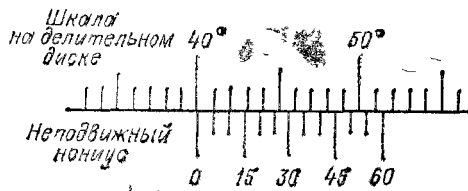


Рис. IX.9.

Шкала и нониус для отсчета по переднему делительному диску

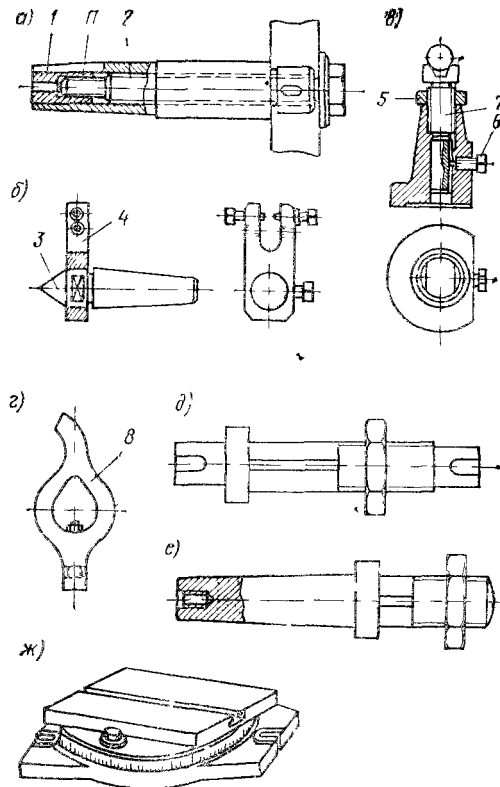


Рис. IX.8.

Основные принадлежности делительных головок

Способом непосредственного деления можно разделить заготовку на 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 24 части.

У некоторых конструкций головок вместо отверстий на задней стороне делительного диска делаются пазы.

Пример 1. Определить положения шпинделя при фрезеровании каждой из шести канавок шестигранной развертки.

По формуле (33) находим угол поворота шпинделя

$$\alpha = 360/6 = 60^\circ.$$

При фрезеровании первой канавки следует установить нулевой (360-й) штрих шкалы диска для непосредственного деления против нулевого штриха нониуса. Затем после обработки первой канавки повернуть диск и установить его соответственно при фрезеровании второй канавки на $0 + 60 = 60^\circ$; третьей — $60 + 60 = 120^\circ$; четвертой — $120 + 60 = 180^\circ$; пятой — $180 + 60 = 240^\circ$ при проверке $240 + 60 = 300^\circ$.

Пример 2. Определить число промежутков (шагов) на делительном ряде с числом отверстий $a = 24$ при делении на три части. По формуле (34)

$$\delta = 24/3 = 8 \text{ отверстий.}$$

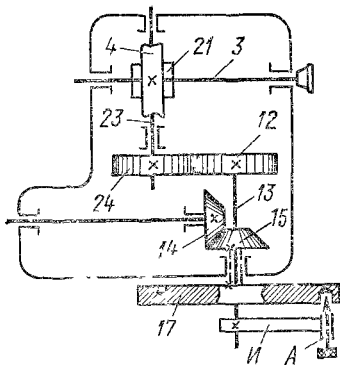


Рис. IX.10.

Кинематическая схема делительной головки при выполнении простого деления

При непосредственном делении червяк 21 (см. рис IX.2 и IX.3) делительной головки должен быть выведен из зацепления с червячным колесом 4, что осуществляется поворотом рукоятки *K* на 180° . После установки шпинделя в каждое рабочее положение он должен быть застопорен поворотом рукоятки *G*.

Настройка для деления заготовки на равные части методом простого деления. На рис. IX.10 показана кинематическая схема делительной головки при простом делении. Обозначения те же, что и на рис. IX.1 и IX.2.

Здесь числа зубьев колес 12 и 24 равны, и поэтому одному обороту рукоятки *I* соответствует один оборот червяка. Червяк 21 однозаходный, сцепленный с ним червячное колесо 4 имеет 40 зубьев. Это значит, что для одного полного оборота шпинделя, следовательно, и обрабатываемой детали рукоятке *I* необходимо сообщить 40 оборотов.

Очевидно, что если требуется произвести деление на z частей (например, выполнить фрезерование колеса с числом зубьев, равным z), то число оборотов рукоятки должно быть в z раз меньше 40, т. е. равно $40/z$.

Так как числитель дроби $40/z$ равен характеристике головки, можно установить, что для определения числа оборотов рукоятки головки при простом делении следует ее характеристику разделить на число делений обрабатываемой детали. Это правило выражается формулой

$$n = 40/z, \quad (35)$$

где n — число оборотов рукоятки головки; 40 — характеристика головки; z — заданное число делений.

Пример 3. Определить число оборотов рукоятки делительной головки при делении заготовки на 20 частей.

По формуле (35) находим $n = 40/20 = 2$ оборота, т. е. для поворота шпинделя с деталью на $1/20$ часть окружности следует делать два полных оборота рукоятки (рис. IX.11).

Во всех случаях, когда для поворота шпинделя на $1/z$ часть требуется один или несколько полных оборотов рукоятки, фиксатор после деления вводится в одно и то же отверстие делительного ряда и настройки сектора диска не требуется. Для деления можно использовать любой ряд из имеющихся на диске.

Пример 4. Определить число оборотов рукоятки *I* делительной головки при фрезеровании зубчатого колеса с числом зубьев $z = 120$.

По формуле (35) находим

$$n = 40/120 = 1/3 \text{ оборота.}$$

Для поворота рукоятки на $1/3$ оборота необходим делительный ряд с числом отверстий, кратным 3. Можно использовать, например, ряд с 30 отверстиями. Умножим числитель и знаменатель дроби $1/3$ на 10, получим $1 \cdot 10 / (3 \cdot 10) = 10/30$. Это значит, что в данном случае, используя делительный ряд 30 и поворачивая рукоятку головки перед каждым проходом фрезы, следует пропускать 10 промежутков (шагов) между отверстиями делительного ряда. В этом случае сектор должен быть раскрыт таким образом, чтобы между его линейками было 10 промежутков или 11 отверстий.

П р и м е р 5. Определить число оборотов рукоятки H при делении цилиндрической заготовки на 28 частей.

По формуле (35) находим

$$n = \frac{40}{28} = \frac{10}{7} = 1 \frac{3}{7} \text{ оборота,}$$

т. е. для поворота шпинделя на $1/28$ часть рукоятку необходимо поворачивать на один полный оборот и еще на $3/7$ оборота.

Чтобы подобрать диск и настроить сектор, как и в предыдущем примере, умножаем дробь $3/7$ на такое число, чтобы в знаменателе получилось число отверстий, имеющееся на диске, например на 7. Тогда $3 \cdot 7 / (7 \cdot 7) = 21/49$.

Таким образом, требуется диск с рядом 49 отверстий. По делительному ряду с 49 отверстиями сектор устанавливаем так, чтобы в его растворе оказался 21 шаг. В процессе деления рукоятку поворачиваем на один полный оборот и дополнительно на $21/49$ оборота.

В целях упрощения работы при настройке делительной головки в табл. IX.2 и IX.3 приведены данные настройки, заранее рассчитанные для делительных головок, приведенных в табл. IX.1.

Настройка для деления заготовки на равные части методом дифференциального деления. Сущность метода дифференциального деления заключается в следующем. Требуемый поворот шпинделя делительной головки получается в результате двух поворотов: поворота рукоятки головки относительно делительного диска и поворота

Т а б л и ц а IX.2

Частота вращения рукоятки для деления от 2 до 43 частей простым делением
(для делительных головок моделей УДГ-Д160; УДГ-Д200; УДГ-Д250;
УДГ-Д320; УДГ-Д400)

Число делений	Окружность делительного диска	Число полных оборотов рукоятки	Число пропущенных отверстий	Число делений	Окружность делительного диска	Число полных оборотов рукоятки	Число пропущенных отверстий
2	Любая	20	—	23	23	1	17
3	30	13	10	24	30	1	20
4	Любая	10	—	25	30	1	18
5	—	8	—	26	39	1	21
6	30	6	20	27	54	1	26
7	21	5	15	28	49	1	9
8	Любая	5	—	29	29	1	11
9	54	4	24	30	30	1	10
10	Любая	4	—	31	31	1	2
11	33	3	21	32	16	1	4
12	30	3	10	33	33	1	7
13	39	3	3	34	17	1	3
14	49	2	42	35	21	1	3
15	30	2	20	36	54	1	6
16	30	2	15	37	37	1	3
17	17	2	6	38	19	1	1
18	54	2	12	39	39	1	1
19	19	2	2	40	Любая	—	—
20	Любая	2	—	41	41	—	40
21	21	1	19	42	21	—	20
22	33	1	27				

Таблица IX.3

Частота вращения рукоятки для деления от 43 до 397 частей
дифференциальным и простым делением¹ (для делительных головок моделей
УДГ-Д160; УДГ-Д200; УДГ-Д250; УДГ-Д320; УДГ-Д400)

Число делений	Число пропущенных отверстий	Окружность делительного диска	Число зубьев смежных шестерен				Число паразитных шестерен
			z_1	z_2	z_3	z_4	
			на шпинделе	1-й промежуточной	2-й промежуточной	на валу привода делительного диска	
43	48	54	80	30	40	60	—
44	30	33	—	—	—	—	—
45	48	54	—	—	—	—	—
46	20	23	—	—	—	—	—
47	25	30	50	—	—	60	1
48	25	30	—	—	—	—	—
49	40	49	—	—	—	—	—
50	24	30	—	—	—	—	—
51	24	30	40	—	—	50	2
52	30	39	—	—	—	—	—
53	24	30	60	—	—	25	2
54	40	54	—	—	—	—	—
55	24	33	—	—	—	—	—
56	15	21	—	—	—	—	—
57	22	33	60	—	—	30	1
58	20	29	—	—	—	—	—
59	22	33	40	—	—	60	1
60	22	33	—	—	—	—	—
61	22	33	40	—	—	60	2
62	20	31	—	—	—	—	—
63	22	33	60	—	—	30	2
64	10	16	—	—	—	—	—
65	24	39	—	—	—	—	—
66	20	33	—	—	—	—	—
67	28	49	60	—	—	35	1
68	10	17	—	—	—	—	—
69	28	49	40	—	—	70	1
70	12	21	—	—	—	—	—
71	12	21	40	—	—	70	2
72	30	54	—	—	—	—	—
73	12	21	60	—	—	35	2
74	20	37	—	—	—	—	—
75	16	30	—	—	—	—	—
76	10	19	—	—	—	—	—
77	8	16	—	—	—	—	—
78	20	39	—	—	—	—	—
79	8	16	—	—	—	—	—
80	27	54	—	—	—	—	—
81	27	54	40	—	—	80	2
82	20	41	—	—	—	—	—
83	27	54	60	—	—	40	2
84	10	21	—	—	—	—	—
85	8	17	—	—	—	—	—
86	24	54	80	30	40	60	1
87	24	54	40	—	—	30	1
88	15	33	—	—	—	—	—
89	24	54	40	—	—	90	1
90	24	54	—	—	—	—	—
91	24	54	40	—	—	90	2
92	10	23	—	—	—	—	—
93	24	54	40	—	—	30	2
94	24	54	80	30	40	40	1
95	8	19	—	—	—	—	—
96	12	30	80	—	—	50	1
97	12	30	60	—	—	50	1
98	20	49	—	—	—	—	—
99	12	30	40	—	—	100	1
100	12	30	—	—	—	—	—
101	12	30	40	—	—	100	2

¹ Графы таблицы, в которых не указаны значения чисел зубьев смежных шестерен, сообщают данные простого деления.

Продолжение табл IX.3

Число делений	Число пропущенных отверстий	Окружность делительного диска	Число зубьев сменных шестерен				Число паразитных шестерен
			z_1	z_2	z_3	z_4	
			на шпинделе	1-й промежуточной	2-й промежуточной	на валу привода делительного диска	
102	12	30	40	—	—	50	2
103	12	30	60	—	—	50	2
104	15	39	—	—	—	—	—
105	8	21	—	—	—	—	—
106	12	33	80	—	—	55	1
107	12	33	60	—	—	55	1
108	20	54	—	—	—	—	—
109	12	33	40	60	30	55	—
110	12	33	—	—	—	—	—
111	12	33	40	60	30	55	1
112	12	33	40	—	—	55	2
113	12	33	60	—	—	55	2
114	12	33	80	—	—	55	2
115	8	23	—	—	—	—	—
116	10	29	—	—	—	—	—
117	11	33	25	—	—	25	1
118	11	33	40	—	—	60	1
119	11	23	30	—	—	90	1
120	11	33	—	—	—	—	—
121	11	33	30	—	—	90	2
122	11	33	40	—	—	60	2
123	11	33	25	—	—	25	2
124	10	31	—	—	—	—	—
125	11	33	50	—	—	30	2
126	11	33	60	—	—	30	2
127	11	33	70	—	—	30	2
128	11	33	80	—	—	30	2
129	11	33	90	—	—	30	2
130	12	39	—	—	—	—	—
131	14	49	90	—	—	35	1
132	10	33	—	—	—	—	—
133	14	49	70	—	—	35	1
134	14	49	60	—	—	35	1
135	16	54	—	—	—	—	—
136	5	17	—	—	—	—	—
137	14	49	30	—	—	35	1
138	14	49	40	—	—	70	1
139	14	49	40	50	25	70	—
140	6	21	—	—	—	—	—
141	14	49	40	50	25	70	1
142	14	49	40	—	—	70	2
143	14	49	30	—	—	35	2
144	15	54	—	—	—	—	—
145	8	29	—	—	—	—	—
146	14	49	60	—	—	35	2
147	14	49	70	—	—	35	2
148	10	37	—	—	—	—	—
149	14	49	90	—	—	35	2
150	8	30	—	—	—	—	—
151	4	16	90	—	—	40	1
152	5	19	—	—	—	—	—
153	4	16	70	—	—	40	1
154	4	16	60	—	—	40	1
155	8	31	—	—	—	—	—
156	10	39	—	—	—	—	—
157	4	16	30	—	—	40	1
158	4	16	30	—	—	60	1
159	4	16	25	50	30	60	—
160	4	16	—	—	—	—	—
161	4	16	25	50	30	60	1
162	4	16	30	—	—	60	2
163	4	16	30	—	—	40	2
164	10	41	—	—	—	—	—
165	8	33	—	—	—	—	—
166	4	16	60	—	—	40	2
167	4	16	70	—	—	40	2
168	5	21	—	—	—	—	—

Продолжение табл. IX.3

Число делений	Число пропущенных отверстий	Окружность делителя н _о диска	Число зубьев сменных шестерен				Число паразитных шестерен
			z_1	z_2	z_3	z_4	
			на шпинделе	1-й промежуточной	2-й промежуточной	на валу привода делительного диска	
169	4	16	90	—	—	40	2
170	4	17	—	—	—	—	2
171	5	21	25	—	—	35	2
172	12	54	80	30	40	60	1
173	12	54	40	60	70	30	1
174	12	54	40	—	—	30	1
175	12	54	80	90	60	30	1
176	12	54	50	—	—	90	1
177	12	54	40	—	—	60	1
178	12	54	40	—	—	90	1
179	12	54	40	50	25	90	1
180	12	54	—	—	—	—	1
181	12	54	40	50	25	90	1
182	9	39	50	—	—	25	2
183	12	54	40	—	—	60	2
184	5	23	—	—	—	—	1
185	8	37	—	—	—	—	1
186	12	54	40	—	—	30	2
187	12	54	40	60	70	30	1
188	12	54	80	30	40	60	1
189	12	54	50	—	—	25	2
190	4	19	—	—	—	—	1
191	6	30	90	—	—	50	1
192	6	30	40	—	—	25	1
193	6	30	35	—	—	25	1
194	6	30	30	—	—	25	1
195	8	39	—	—	—	—	1
196	10	49	—	—	—	—	1
197	6	30	30	—	—	50	1
198	6	30	30	60	40	50	1
199	6	30	40	100	30	60	1
200	6	30	—	—	—	—	1
201	6	30	40	100	30	60	1
202	6	30	30	50	40	60	1
203	6	30	30	—	—	50	2
204	6	30	40	—	—	50	2
205	8	41	—	—	—	—	2
206	6	30	60	—	—	50	2
207	6	30	35	—	—	25	2
208	6	30	40	—	—	25	2
209	6	30	60	25	30	40	1
210	4	21	—	—	—	—	1
211	6	30	55	—	—	25	2
212	6	30	60	—	—	25	2
213	6	33	70	—	—	55	1
214	6	33	60	—	—	55	1
215	4	21	50	30	40	70	1
216	10	54	—	—	—	—	1
217	6	33	30	—	—	55	1
218	6	33	40	55	25	50	1
219	4	21	60	—	—	35	2
220	6	33	—	—	—	—	1
221	4	21	40	30	55	35	1
222	5	30	60	25	50	40	1
223	6	33	30	—	—	55	2
224	6	33	40	—	—	55	2
225	6	33	50	—	—	55	2
226	6	33	60	—	—	55	2
227	6	33	70	—	—	55	2
228	6	33	80	—	—	55	2
229	6	33	90	—	—	55	2
230	4	23	—	—	—	—	1
231	5	30	60	—	—	40	1
232	5	29	—	—	—	—	1
233	5	30	25	—	—	25	1
234	5	30	50	—	—	60	1
235	5	30	50	—	—	60	1

Продолжение табл. IX.3

Число делений	Число пропущенных отверстий	Окружность делительного диска	Число зубьев сменных шестерен				Число паразитных шестерен
			z_1	z_2	z_3	z_4	
			на шпindelле	1-й промежуточной	2-й промежуточной	на валу привода делительного диска	
236	5	30	40	—	—	60	1
237	5	30	25	—	—	50	1
238	5	30	30	—	—	90	1
239	5	30	25	50	30	90	—
240	5	30	—	—	—	—	—
241	5	30	25	50	30	90	1
242	5	30	30	—	—	90	2
243	5	30	25	—	—	50	2
244	5	30	40	—	—	60	2
245	9	54	—	—	—	—	—
246	5	30	25	—	—	25	2
247	5	30	35	—	—	30	2
248	5	31	—	—	—	—	—
249	5	30	60	—	—	40	2
250	5	30	50	—	—	30	2
251	5	30	55	—	—	30	2
252	5	30	60	—	—	30	2
253	5	33	50	—	—	30	1
254	5	30	70	—	—	30	2
255	5	30	50	40	60	30	1
256	5	30	80	—	—	30	2
257	5	30	90	—	—	30	2
258	5	33	50	—	—	55	1
259	3	21	90	—	—	30	1
260	6	39	—	—	—	—	—
261	5	30	70	40	50	25	1
262	5	30	55	30	70	35	1
263	5	33	25	55	30	90	—
264	5	33	—	—	—	—	—
265	5	33	25	55	30	90	1
266	3	21	60	—	—	30	1
267	8	54	40	—	—	90	1
268	3	21	60	—	—	35	1
269	3	21	55	—	—	35	1
270	8	54	—	—	—	—	—
271	5	33	50	30	35	55	1
272	3	21	40	—	—	35	—
273	3	21	25	—	—	25	1
274	3	21	30	—	—	35	1
275	3	21	25	—	—	35	1
276	3	21	40	—	—	70	1
277	3	21	30	—	—	70	1
278	3	21	25	50	40	70	—
279	8	54	40	—	—	30	2
280	3	21	—	—	—	—	—
281	8	54	80	30	55	90	1
282	4	30	60	—	—	25	—
283	3	21	30	—	—	70	2
284	3	21	40	—	—	70	2
285	3	21	25	—	—	35	2
286	3	21	30	—	—	35	2
287	3	21	25	—	—	25	2
288	3	21	40	—	—	35	2
289	3	21	90	—	—	70	2
290	4	29	—	—	—	—	—
291	3	21	55	—	—	35	2
292	3	21	60	—	—	35	2
293	4	30	35	50	40	30	—
294	3	21	50	—	—	25	2
295	3	21	25	35	90	30	1
296	5	37	—	—	—	—	—
297	4	33	60	25	50	30	—
298	3	21	90	—	—	35	2
299	4	30	30	90	40	100	—
300	4	30	—	—	—	—	—
301	4	30	30	90	40	100	1
302	3	21	60	30	55	35	1

Продолжение табл. IX.3

Число делений	Число пропущенных отверстий	Окружность делительного диска	Число зубьев сменных шестерен				Число паразитных шестерен
			z_1	z_2	z_3	z_4	
			на шпинделе	1-й промежуточной	2-й промежуточной	на валу привода делительного диска	
303	4	30	40	50	30	60	1
304	2	16	50	—	—	25	1
305	4	30	40	—	—	60	2
306	4	30	40	—	—	50	2
307	4	30	40	25	35	60	1
308	2	16	60	—	—	40	1
309	4	30	30	—	—	25	2
310	4	31	—	—	—	—	—
311	4	30	40	60	55	25	1
312	5	39	—	—	—	—	—
313	2	16	35	—	—	40	1
314	2	16	30	—	—	40	1
315	2	16	25	—	—	40	1
316	2	16	25	—	—	50	1
317	2	16	30	—	—	80	1
318	2	16	25	50	30	60	1
319	4	33	40	—	—	30	—
320	2	16	—	—	—	—	—
321	4	30	70	—	—	25	2
322	3	23	50	—	—	25	2
323	2	16	30	—	—	80	2
324	2	16	25	—	—	50	2
325	2	16	25	—	—	40	2
326	2	16	30	—	—	40	2
327	2	16	35	—	—	40	2
328	5	41	—	—	—	—	—
329	5	39	85	65	50	30	1
330	4	33	—	—	—	—	—
331	2	16	55	—	—	40	2
332	2	16	60	—	—	40	2
333	6	54	60	25	50	40	—
334	2	16	70	—	—	40	2
335	6	54	100	30	50	60	—
336	4	33	40	—	—	55	2
337	4	33	40	30	35	55	1
338	2	16	25	40	90	25	1
339	4	33	60	—	—	55	2
340	2	17	—	—	—	—	—
341	4	33	40	—	—	30	2
342	6	54	50	—	—	25	1
343	4	30	85	30	50	25	1
344	6	54	80	30	40	60	—
345	6	54	50	—	—	30	1
346	6	54	70	30	40	60	—
347	6	54	85	—	—	45	1
348	6	54	40	—	—	30	1
349	6	54	50	90	55	25	—
350	6	54	60	90	50	30	—
351	6	54	25	—	—	25	1
352	6	54	80	—	—	90	1
353	6	54	70	—	—	90	1
354	6	54	60	—	—	90	1
355	6	54	50	—	—	90	1
356	6	54	40	—	—	90	1
357	6	54	30	—	—	90	1
358	6	54	25	90	40	50	—
359	6	54	40	100	25	90	—
360	6	54	—	—	—	—	—
361	6	54	40	100	25	90	1
362	6	54	25	90	40	50	1
363	6	54	30	—	—	90	2
364	6	54	40	—	—	90	2
365	6	54	50	—	—	90	2
366	6	54	60	—	—	90	2
367	6	54	70	—	—	90	2
368	6	54	80	—	—	90	2
369	6	54	25	—	—	25	2

число делений x , которое должно быть таким, чтобы: разность $x-z$ была небольшой; деление на x частей было возможно способом простого деления; передаточное отношение i было осуществимо с помощью имеющихся сменных зубчатых колес.

Число оборотов рукоятки в этом случае определяется по формуле

$$n = 40/x. \quad (36)$$

Число оборотов делительного диска за поворот обрабатываемой детали на одно деление (т. е. на $1/z$ ее полного оборота), как это видно из рис. IX.11, может быть определено по формуле

$$n_d = i/z,$$

где i — передаточное отношение сменных зубчатых колес, соединяющих шпindel головки с валиком ее привода. Очевидно, что в результате этих двух движений рукоятки число ее оборотов будет

$$n = 40/x + i/z. \quad (37)$$

При числе оборотов рукоятки, определенном по формуле (37), при каждом делении обрабатываемая деталь будет поворачиваться на $(1/z)$ -ю оборота, т. е. поворот детали получается равным вычисленному по формуле (36).

Сопоставляя это равенство с формулой (37), заметим, что их левые части одинаковы (равны), а следовательно, равны и правые части. Приравняв их и произведя необходимые преобразования, получим

$$i = (40/x)(x-z). \quad (38)$$

Вспомогательное число x принимается несколько большим или несколько меньшим, чем z . Поэтому передаточное отношение i сменных зубчатых колес может быть положительным и отрицательным. Если i положительно, то направление вращения делительного диска совпадает с вращением рукоятки H . При отрицательном i диск вращается навстречу рукоятке.

Для обеспечения указанного соотношения направлений вращения рукоятки и диска в набор сменных зубчатых колес вводится одно или два паразитных колеса.

Пример 6. Определить число оборотов рукоятки делительной головки и настройку гитары сменных колес при фрезеровании зубчатого колеса с числом зубьев $z = 123$. Принимаем $x = 120$. Тогда по формуле (38)

$$i = (40/120)(120-123) = -1.$$

Из имеющегося набора сменных колес в качестве ведущих возьмем колеса $z_1 = 100$ и $z_3 = 40$, а в качестве ведомых — $z_2 = 50$ и $z_4 = 80$. Эти шестерни при установке их по схеме рис. IX.11 обеспечивают получение передаточного отношения $i = 1$, т. е.

$$i = z_1 z_3 / (z_2 z_4) = 100 \cdot 40 / (50 \cdot 80) = 1.$$

Для обеспечения необходимого в этом случае встречного вращения рукоятки и диска в набор сменных зубчатых колес должно быть введено одно паразитное колесо.

Число оборотов рукоятки определится по формуле (35) $n = 40/120 = 1/3$.

Сектор устанавливаем на любом ряде отверстий диска, у которого число отверстий кратно 3, например на ряде с 30 отверстиями, тогда

$$n = 1/3 = 1 \cdot 10 / (3 \cdot 10) = 10/30;$$

линейки сектора должны охватывать 10 промежутков (шагов) в ряде с 30 отверстиями.

Пример 7. Определить число оборотов рукоятки H и число зубьев сменных колес при делении заготовки на 151 часть. Принимаем $x = 160$. Тогда по формуле (38)

$$i = (40/160)(160-151) = 9/4 = 90/40.$$

Можно принять $z_1 = 90$ и $z_4 = 40$; вместо колес z_2 и z_3 (рис. IX.11) следует установить одно паразитное колесо. При этом рукоятка и диск будут вращаться в одном направлении.

Число оборотов рукоятки по формуле (36) $n = 40/160 = 1/4 = 4/16$. Берем делительный ряд с 16 отверстиями и устанавливаем сектор на 4 промежутка между отверстиями этого ряда.

В целях упрощения настройки в табл. IX.3 приведены данные, заранее рассчитанные для деления по дифференциальному и простому методам для делительных головок, указанных в табл. IX.1.

При настройке этих головок необходимо учитывать следующее: 1) установка сменных зубчатых колес должна производиться по схемам рис. IX.12 (см. также табл. IX.3); 2) зубчатое колесо z_1 устанавливается на шпиндельном валике, а z_4 — на валике привода головки; 3) зубчатые колеса z_{II} на схеме I, z_{II} и z_{III} на схеме II и z_{II} на схеме IV — паразитные.

Так как при дифференциальном делении шпиндель делительной головки соединяется с валиком ее привода при помощи сменных зубчатых колес, деление можно осуществить только при горизонтальном положении шпинделя головки, когда такое соединение возможно. При фрезеровании винтовых канавок зубчатых колес с винтовым зубом конических колес прибегают к дифференциальному делению по способу П. С. Гуцулы.

Настройка делительной головки для деления по способу П. С. Гуцулы. Сущность деления по способу, разработанному фрезеровщиком—новатором производства Гуцулой, заключается в том, что после обработки каждой впадины зуба колеса фрезеруется не соседняя с ней впадина, а другая, расположенная с некоторым постоянным пропуском относительно профрезерованной. Так, если при фрезеровании зубчатого колеса с $z = 61$ число пропускаемых впадин принято равным 11, то после обработки первой впадины фрезеруется 12-я, затем 23-я и до 51-й. Фрезеруемое колесо делает при этом 11 оборотов, а не 1 оборот, как при обычном фрезеровании.

Прибегая к делению по способу Гуцулы, достигают уменьшения ошибки между шагами соседних зубьев зубчатого колеса за счет усреднения ошибок в расстояниях между отверстиями делительного диска.

Число оборотов рукоятки головки при делении по способу Гуцулы определяется по формуле

$$n = x/C, \quad (39)$$

где C — число отверстий (предпочтительно возможно большее) одного из рядов делительного диска.

Для определения x дробь $40/z$, где 40 — характеристика головки, а z — число зубьев фрезеруемого колеса, умножают на C и P . Здесь P — вспомогательное целое число, не имеющее общих множителей с числом зубьев фрезеруемого колеса. Это число показывает, сколько пропускается впадин. Кроме того, число P должно быть таким, чтобы при умножении на него дроби $40C/z$ получилось число A , возможно более близкое к целому числу, т. е. чтобы можно было написать

$$A \approx 40CP/z. \quad (40)$$

П р и м е ч а н и е. При пользовании этой формулой удобнее, выбрав C и определив значение дроби $40C/z$, подобрать значение P , удовлетворяющее указанным условиям. Для получения значения x , возможно более близкого к целому числу, иногда оказывается необходимым принять другое значение C .

После округления дробного значения A до ближайшего целого числа x последнее будет выражать число промежутков делительного круга, на которое следует поворачивать при данном делении рукоятку головки. Принятое число x подставляется в формулу (39).

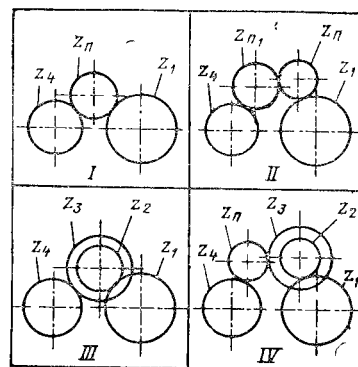


Рис. IX.12.

Схемы настройки гитары сменных зубчатых колес при дифференциальном делении

В связи с указанной заменой дробного значения числа промежутков ряда целым числом (т. е. x) при каждом повороте рукоятки головки образуется ошибка, определяемая по формуле

$$\delta = x/CP - 40/z. \quad (41)$$

Погрешность Δ , накопленная на последнем шаге зубьев фрезеруемого колеса, вызванная ошибкой в повороте рукоятки δ , определяется по формуле

$$\Delta = \delta \pi d z / 40, \quad (42)$$

где d — диаметр делительной окружности фрезеруемого колеса, мм.

Ошибка в повороте рукоятки, а следовательно, и погрешности последнего шага фрезеруемого колеса могут быть положительными и отрицательными.

Таблица IX.4

Данные для настройки делительных головок моделей УДГ-Д200, УДГ-Д250, УДГ-Д320 и УДГ-Д400 на деление по способу Гуцзлы

Число делений z	Число отверстий делительного ряда C	Число полных оборотов рукоятки n	Число пропускаемых отверстий ряда	Накопленная ошибка при диаметре делительной окружности, равном 1 мм	Число пропускаемых впадин
51	49	5	24	-0,00020	7
53	43	8	13	+0,00006	11
57	41	9	5	-0,00040	13
59	49	6	5	+0,00014	9
61	47	7	10	-0,00020	11
63	43	6	15	-0,00045	10
67	49	2	19	-0,00045	4
69	54	5	43	+0,00022	10
71	54	3	51	+0,00062	7
73	47	2	9	-0,00040	4
77	41	5	8	+0,00020	10
79	47	2	25	+0,00031	5
81	41	1	40	+0,00051	4
83	43	5	13	+0,00059	11
87	43	5	42	-0,00014	13
89	54	4	51	+0,00035	11
91	37	6	22	+0,00058	15
93	41	4	30	+0,00030	11
96	37	7	3	-0,00100	17
97	41	8	27	-0,00060	21
99	43	3	10	+0,00025	8
101	49	1	48	-0,00095	5
102	47	2	35	-0,00048	7
103	43	3	39	+0,00020	10
106	47	5	31	-0,00049	15
107	37	2	9	+0,00035	6
109	54	5	47	-0,00064	16
111	54	3	52	-0,00079	11
112	43	6	3	-0,00090	17
113	54	3	10	-0,00071	9
114	43	8	3	-0,00016	23
117	49	1	18	-0,00046	4
118	47	5	4	-0,00022	15
119	54	6	39	-0,00023	20
121	49	1	32	+0,00035	5
122	41	2	30	+0,00043	9
123	54	2	50	-0,00077	9
125	54	2	13	+0,00097	7
127	41	2	7	+0,00030	7
129	47	2	8	-0,00051	7
131	47	5	9	+0,00041	17
133	54	6	17	-0,00073	21
134	54	7	25	+0,00013	25
137	54	3	43	+0,00054	13
139	43	2	13	+0,00033	8
141	49	2	41	+0,00020	10
142	54	5	19	-0,00011	19
143	49	4	37	-0,00010	17
146	54	1	20	+0,00120	5
147	43	2	31	-0,00020	10
149	37	4	1	+0,00020	15

Пример 8. Определить по способу Гуцулы число оборотов рукоятки делительной головки при фрезеровании зубчатого колеса с числом зубьев $z = 121$. Модуль колеса $m = 2$. Приняв $C = 49$ и следуя примечанию к формуле (40), получим $40 \cdot 49 / 121 = 16,545$. После нескольких попыток принимаем $P = 5$. По формуле (40) находим

$$A \approx 40 \cdot 49 \cdot 5 / 121 = 80,99183.$$

Округляя найденное значение A до ближайшего целого числа, получаем $A = x = 81$.

По формуле (39) находим

$$n = \frac{81}{49} = 1 \frac{32}{49}.$$

Таким образом, для выполнения требуемого деления следует сообщить рукоятке головки один полный оборот и дополнительно по ряду с 49 отверстиями — поворот на 32 промежутка между отверстиями.

Ошибка в повороте рукоятки находится по формуле (41)

$$\delta = 81 / (49 \cdot 5) - 40 / 121 = 0,000034.$$

Наибольшая возможная погрешность на последнем шаге зубьев фрезеруемого колеса определяется по формуле (42). В данном случае $d = mz$, где m — модуль. Поэтому

$$\Delta = \delta \pi z m z / 40 = 0,000034 \cdot 3,14 \cdot 121 \cdot 2 \cdot 121 / 40 = 0,085 \text{ мм}$$

В целях упрощения настройки в табл. IX.4 приведены данные настройки, за ранее рассчитанные для деления по способу Гуцулы на делительных головках моделей УДГ-Д200, УДГ-Д250, УДГ-Д320, УДГ-Д400. При пользовании этой таблицей для определения погрешности на последний шаг фрезеруемого колеса следует диаметр его делительной окружности или произведение mz умножить на приведенное в таблице значение накопленной ошибки при диаметре делительной окружности, равном 1 мм.

IX.3. Настройка делительной головки для деления на неравные части

Деление заготовки на неравные части. При фрезеровании стружечных канавок цилиндрических и концевых фрез с неравномерным шагом между зубьями и в ряде других случаев выбирают подходящее число отверстий по окружности делительного диска и заранее составляют расчетную таблицу.

Пример 9. Требуется фрезеровать стружечные канавки в концевой фрезе с неравномерным шагом и соответствующими центральным углами 85°, 90°, 95°. Составляется расчетная таблица. Для поворота заготовки на 360°, т. е. на один полный оборот, рукоятку головки с характеристикой 40 необходимо повернуть на 40 оборотов, а для поворота на 1° рукоятку необходимо повернуть на $40/360 = 1/9 = 6/54$ оборота. Следовательно, для поворота на 1° необходимо на головку установить диск, имеющий 54 отверстия по окружности, и поворачивать рукоятку на 6 промежутков между отверстиями. Теперь легко составить таблицу чисел оборотов рукоятки для поворота заготовки фрезы на указанные центральные углы:

α	n
85	$85 \cdot 6/54 = 9 + 24/54$
90	$90 \cdot 6/54 = 10$
95	$95 \cdot 6/54 = 10 + 30/54$
и т. д.	

Первую стружечную канавку фрезеруют произвольно, а затем для фрезерования второй канавки под углом 85° рукоятку поворачивают на 9 полных оборотов и дополнительно на 24 промежутка ряда с 54 отверстиями. Для фрезерования третьей канавки под углом 90° рукоятку поворачивают на 10 полных оборотов и т. д.

При фрезеровании заготовок инструментов с неравным шагом для получения одинаковой у всех зубьев «ленточки» приходится менять глубину канавок, т. е., когда центральный угол больше, приходится фрезеровать глубже, а когда угол меньше, — фрезеровать мельче.

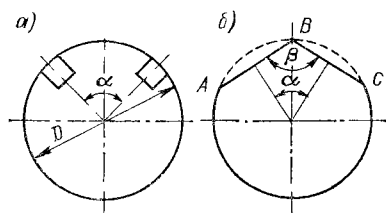
Поворот детали по заданному центральному углу между осями фрезеруемых канавок. Метод непосредственного деления, который применяется в этом случае (с отсчетом угла поворота по нониусу), обеспечивает точную работу лишь при применении простых и жестких головок для непосредственного деления. При использовании универсальных делительных головок для этой цели лучше вести настройку по методу простого деления.

Число оборотов рукоятки делительной головки в этом случае определяется по формуле

$$n = 40\alpha^\circ/360 = \alpha^\circ/9 = \alpha'/540 = \alpha''/32\ 400, \quad (43)$$

где α° , α' , α'' — заданный угол поворота заготовки, ... $^\circ$; ... $'$; ... $''$.

П р и м е р 10. Определить число оборотов рукоятки делительной головки при повороте заготовки для фрезерования двух канавок (рис. IX.13, а) на центральный угол $\alpha = 16^\circ 20'$. Подставив значение α в формулу (43), получим



$$n = \frac{16 \cdot 60 + 20}{540} = \frac{980}{540} = 1 \frac{44}{54} \text{ или } 1 \frac{22}{27}.$$

Следовательно, необходимо произвести один полный оборот рукоятки и дополнительный поворот на 44 промежутка по ряду с 54 отверстиями или на 22 промежутка по ряду с 27 отверстиями.

Рис. IX.13. Схемы к примерам настройки делительной головки для поворота на заданный угол (шаг)

Поворот детали по заданному шагу между осями фрезеруемых канавок. Взаимное расположение пазов и канавок может быть задано не центральным углом, а шагом между осями

этих канавок. В таких случаях число оборотов рукоятки делительной головки n , необходимое для поворота детали, определяется по формуле

$$n = 40t/(\pi D), \quad (44)$$

где t — шаг между осями канавок, измеренный по окружности диаметром D , мм.

П р и м е р 11. Определить число оборотов рукоятки делительной головки при фрезеровании канавок на детали $D = 75$ мм, если $t = 4,71$ мм. По формуле (44) получаем

$$n = 40 \cdot 4,71/(3,14 \cdot 75) = 12/15 = 24/30 \text{ оборота,}$$

т. е. для поворота заготовки в этом случае следует пропускать 24 деления на делительном ряде с 30 отверстиями.

Поворот детали по заданному углу между обрабатываемыми поверхностями. В тех случаях, когда на чертеже обрабатываемой детали задан угол β между двумя поверхностями (AB и BC на рис. IX.13, б), то угол поворота заготовки α при обработке поверхности BC (после того как поверхность AB уже обработана) находят по формуле

$$\alpha = 180^\circ - \beta. \quad (45)$$

Число оборотов (угол поворота) рукоятки делительной головки в этом случае определяется по формуле (43). Здесь α — центральный угол.

IX.4. Настройка станка и делительной головки для фрезерования винтовых поверхностей (канавок)

На рис. IX.14 показано взаимное расположение заготовки и фрезы при фрезеровании винтовой канавки. Угол наклона винтовой канавки ω определяется из формулы

$$\operatorname{tg} \omega = \pi D/H, \quad (46)$$

где D — диаметр детали, мм; H — шаг винтовой канавки, мм,

Винтовая канавка может быть получена при вращении заготовки вокруг некоторой оси и одновременном ее перемещении параллельно этой оси. При фрезеровании винтовой канавки заготовка устанавливается между центрами делительной головки так, чтобы ее ось была параллельна оси стола; стол должен быть повернут с учетом направления винтовой канавки; перемещение стола (подача) должно происходить в направлении его оси. Частота вращения заготовки должна быть согласована с продольной подачей. Вращение заготовки передается через гитару сменных колес делительной головки от винта продольной подачи.

Обработка винтовых канавок осуществляется на универсально-фрезерных станках. При настройке необходимо: а) определить угол и направление поворота стола станка; б) определить число зубьев сменных зубчатых колес, обеспечивающее необходимую частоту вращения обрабатываемой детали.

Определение угла поворота стола при фрезеровании винтовых канавок. Правильный профиль винтовой канавки будет получен при условии, что плоскость вращения дисковой фрезы совпадает с направлением канавки. Для этого необходимо, чтобы стол был повернут на угол, равный углу наклона винтовой канавки ω . Если задан угол подъема винтовой канавки ω_1 (рис. IX.14), то угол поворота стола определяется по формуле

$$\omega = 90^\circ - \omega_1 \quad (47)$$

Если заданы шаг винтовой канавки и диаметр детали, то угол поворота стола находят по формуле (46).

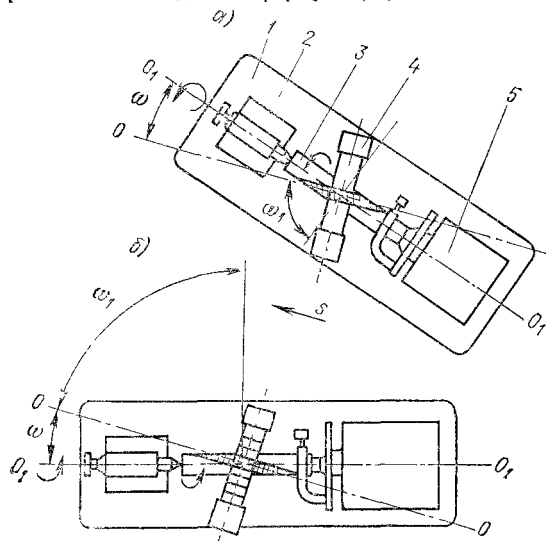


Рис. IX.15.

Схемы поворота стола при фрезеровании левых (а) и правых (б) винтовых канавок; 1 — стол; 2 — задняя бабка; 3 — заготовка; 4 — шпиндель с фрезой; 5 — делительная головка

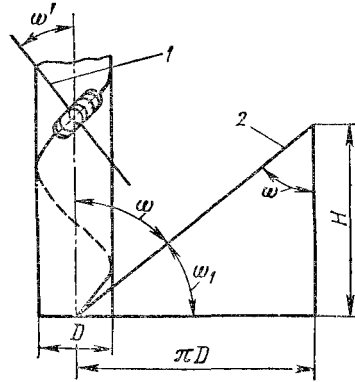


Рис. IX.14.

Графическое определение угла поворота стола станка при фрезеровании винтовой канавки: 1 — ось фрезерной оправки; 2 — развертка винтовой линии

Как видно из рис. IX.14, угол подъема винтовой канавки ω_1 равен углу скрещивания осей фрезы и заготовки ω' . В целях понижения шероховатости винтовой канавки, в тех случаях, когда это требуется, угол поворота стола берут на $1-2^\circ$ больше угла ω , вычисленного по формулам (46) и (47)¹.

Для упрощения расчетов в табл. IX.5 даны значения углов поворота стола для ряда часто встречающихся отношений H/D .

Направление поворота стола зависит от направления винтовой канавки. На рис. IX.15, а показано положение стола при фрезеровании левых, а на рис. IX.15, б — правых канавок. При фрезе-

¹ Этой мерой улучшается условие резания при образовании зубьями фрезы правой винтовой поверхности за счет некоторого уменьшения угла резания.

Таблица IX.5

Значения ω в зависимости от H/D при настройке универсального станка для фрезерования винтовых канавок

H/D	ω, \dots°	H/D	ω, \dots°	H/D	ω, \dots°
3,15	45	7,10	23 ^{3/4}	14,80	12
3,20	44 ^{1/2}	7,20	23 ^{1/2}	15,00	11 ^{3/4}
3,25	44	7,30	23 ^{1/4}	15,20	11 ^{3/4}
3,30	43 ^{1/2}	7,40	23	15,40	11 ^{1/2}
3,35	43 ^{3/4}	7,50	22 ^{3/4}	15,60	11 ^{1/4}
3,40	42 ^{3/4}	7,60	22 ^{1/2}	16,00	11
3,45	42 ^{1/4}	7,70	22 ^{1/4}	16,20	11
3,50	42	7,80	22	16,40	10 ^{3/4}
3,55	41 ^{1/2}	7,90	21 ^{3/4}	16,60	10 ^{3/4}
3,60	41	8,00	21 ^{1/2}	17,00	10 ^{1/2}
3,65	40 ^{3/4}	8,10	21 ^{1/4}	17,20	10 ^{1/4}
3,70	40 ^{1/4}	8,20	21	17,40	10 ^{1/4}
3,75	40	8,30	20 ^{3/4}	17,60	10
3,80	39 ^{1/2}	8,40	20 ^{1/2}	17,80	10
3,85	39 ^{1/4}	8,50	20 ^{1/4}	18,00	10
3,90	38 ^{3/4}	8,60	20	18,20	9 ^{3/4}
3,95	38 ^{1/2}	8,70	19 ^{3/4}	18,60	9 ^{1/2}
4,00	38 ^{1/4}	8,80	19 ^{3/4}	19,00	9 ^{1/4}
4,05	37 ^{3/4}	8,90	19 ^{1/2}	20,00	9
4,10	37 ^{1/2}	9,00	19 ^{1/4}	21,00	8 ^{1/2}
4,15	37	9,10	19	22,00	8
4,20	36 ^{3/4}	9,20	18 ^{3/4}	23,00	7 ^{3/4}
4,25	36 ^{1/2}	9,30	18 ^{3/4}	24,00	7 ^{1/2}
4,30	36 ^{1/4}	9,40	18 ^{1/2}	25,00	7 ^{1/4}
4,35	35 ^{3/4}	9,50	18 ^{1/4}	26,00	7
4,40	35 ^{1/2}	9,60	18 ^{1/4}	27,00	6 ^{3/4}
4,45	35 ^{1/4}	9,70	18	28,00	6 ^{1/2}
4,50	35	9,80	17 ^{3/4}	29,00	6 ^{1/4}
4,60	34 ^{1/4}	9,90	17 ^{1/2}	30,00	6
4,70	33 ^{3/4}	10,00	17 ^{1/2}	31,00	5 ^{3/4}
4,80	33 ^{1/4}	10,20	17 ^{1/4}	32,00	5 ^{1/2}
4,90	32 ^{3/4}	10,40	16 ^{3/4}	33,00	5 ^{1/2}
5,00	32 ^{1/4}	10,60	16 ^{1/2}	34,00	5 ^{1/4}
5,10	31 ^{3/4}	10,80	16 ^{1/4}	35,00	5
5,20	31 ^{1/4}	11,00	16	36,00	5
5,30	30 ^{3/4}	11,20	15 ^{3/4}	37,00	4 ^{3/4}
5,40	30 ^{1/4}	11,40	15 ^{1/2}	38,00	4 ^{1/2}
5,50	29 ^{3/4}	11,60	15 ^{1/4}	39,00	4 ^{1/2}
5,60	29 ^{1/2}	11,80	15	40,00	4 ^{1/2}
5,70	28 ^{3/4}	12,00	14 ^{3/4}	42,00	4 ^{1/2}
5,80	28 ^{1/2}	12,20	14 ^{1/2}	44,00	4
5,90	28	12,40	14 ^{1/4}	46,00	4
6,00	27 ^{3/4}	12,60	14	48,00	3 ^{3/4}
6,10	27 ^{1/4}	12,80	13 ^{3/4}	50,00	3 ^{1/2}
6,20	26 ^{3/4}	13,00	13 ^{1/2}	55,00	3 ^{1/4}
6,30	26 ^{1/2}	13,20	13 ^{1/2}	60,00	3
6,40	26 ^{1/4}	13,40	13 ^{1/4}	65,00	2 ^{3/4}
6,50	25 ^{3/4}	13,60	13	70,00	2 ^{1/2}
6,60	25 ^{1/2}	13,80	12 ^{3/4}	75,00	2 ^{1/2}
6,70	25	14,00	12 ^{3/4}	80,00	2 ^{1/4}
6,80	24 ^{3/4}	14,20	12 ^{1/2}	85,00	2
6,90	24 ^{1/2}	14,40	12 ^{1/4}	90,00	2
7,00	24 ^{1/4}	14,60	12	95,00	2
				100,00	1 ^{3/4}

ровании канавок правого направления стол должен быть повернут против часовой стрелки, а левого направления — по часовой стрелке.

Пр и м е р 12. Определить угол поворота стола станка при фрезеровании винтовой канавки с $H = 720$ мм на детали $D = 100$ мм. По формуле (46) находим

$$\operatorname{tg} \omega = 3,14 \cdot 100 / 720 = 0,436;$$

по таблице тангенсов определяем угол поворота стола $\omega = 23^\circ 30'$.

Эту же задачу решаем с помощью табл. IX.5. Отношение $H/D = 7,2$. По таблице этому отношению соответствует угол $\omega = 23 \frac{1}{2}^\circ$.

Расчет передаточного отношения и числа зубьев сменных колес. Согласование вращения заготовки, закрепленной в делительной головке с продольным переме-

нием стола, осуществляется с помощью гитары и сменных колес, которые не только передают вращение заготовке, но и приводят в соответствие это вращение с ее поступательным перемещением, т. е. с продольной подачей.

На делительных головках моделей УДГ-Д200, УДГ-Д250, УДГ-Д320 и УДГ-Д400 устанавливаются гитары (см. рис. IX.5): малая G на ходовой винт продольной подачи стола и большая D на цилиндрическую шейку приводного вала делительной головки. Схема установки зубчатых колес гитары для фрезерования винтовых канавок правого направления приведена на рис. IX.16, а, левого — на рис. IX.16, б. Зубчатые колеса z_{II} с равными числами зубьев устанавливаются одно на шейке ходового винта стола; другое — на пальце гитары, на котором одновременно закреплено первое сменное зубчатое колесо z_I . Зубчатое колесо z_0 служит для изменения направления вращения, не изменяя передаточного отношения.

При передаточном отношении сменных зубчатых колес, равном единице, за один оборот винта продольной подачи стол переместится на расстояние, равное шагу резьбы винта, а шпindel делительной головки с заготовкой повернется на $1/40$ оборота. Для одного полного оборота шпинделя ДГ необходимо, чтобы винт подачи сделал 40 оборотов. При этом стол переместится на расстояние, равное произведению значения его шага P на характеристику головки N , равную 40. Шаг резьбы винта продольной подачи у отечественных консольно-фрезерных станков равен 6 мм. Отсюда перемещение стола за один оборот заготовки составит

$$A = PN = 6 \cdot 40 = 240. \quad (48)$$

Характеристикой A универсально-фрезерного станка называется шаг винтовой канавки, которая может быть профрезерована на данном станке при передаточном отношении сменных колес $i_{см} = 1$.

Передаточное отношение сменных зубчатых колес гитары

$$i_{см} = A/H. \quad (49)$$

Зная передаточное отношение, можно рассчитать сменные зубчатые колеса по формуле

$$i_{см} = \frac{A}{H} = \frac{z_1}{z_2} \frac{z_3}{z_4}. \quad (50)$$

Пример 13. Определить передаточное отношение и рассчитать сменные зубчатые колеса гитары при фрезеровании винтовой канавки с $H = 300$ мм, если $A = 240$.

По формуле (50)

$$i_{см} = \frac{z_1}{z_2} \frac{z_3}{z_4} = \frac{240}{300} = \frac{24}{30}$$

Разложим числитель и знаменатель дроби на множители так, чтобы при умножении каждой из дробей на некоторое постоянное число получить числа, соответствующие числам зубьев, которыми располагают зубчатые колеса из набора

$$i_{см} = \frac{24}{30} = \frac{6 \cdot 4}{10 \cdot 3} = \frac{60}{100} \cdot \frac{40}{30}$$

Пример 14. Определить сменные зубчатые колеса при фрезеровании винтовой канавки с $H = 396$ мм на станке с $A = 240$.

По формулам (49) и (50) находим

$$i_{см} = \frac{240}{396} = \frac{4 \cdot 3 \cdot 20}{4 \cdot 9 \cdot 11} = \frac{20 \cdot 3}{11 \cdot 9} = \frac{100 \cdot 30}{55 \cdot 90}$$

В целях упрощения задачи подбора сменных зубчатых колес в табл. IX.6 приведены готовые решения для случаев фрезерования винтовых канавок на станках $A = 240$.

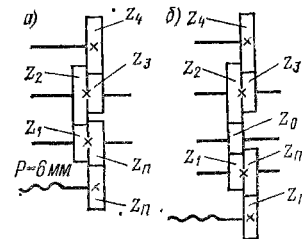


Рис. IX.16.

Установка сменных зубчатых колес на гитаре для фрезерования винтовых канавок

а — правого направления;
б — левого направления

Таблица IX.6

Подбор сменных зубчатых колес для фрезерования винтовых канавок на фрезерных станках с шагом винта продольной подачи $P = 6$ мм

Шаг винтовой канавки H , мм	Сменные зубчатые колеса				Шаг винтовой канавки H , мм	Сменные зубчатые колеса			
	z_1	z_2	z_3	z_4		z_1	z_2	z_3	z_4
25,00	100	25	60	25	275,00	80	55	60	100
36,00	100	25	60	35	280,00	90	60	40	70
43,60	100	25	55	40	288,00	100	80	60	90
51,40	100	25	70	60	294,55	80	60	55	90
54,00	100	30	80	60	300,00	80	50	35	70
58,20	90	30	55	35	308,00	100	55	30	70
64,00	100	40	90	60	311,10	90	70	60	100
70,00	80	35	60	40	315,00	80	70	60	90
73,50	100	35	80	70	320,00	90	60	50	100
76,20	90	25	70	80	326,70	60	35	30	70
81,00	100	30	80	90	330,00	80	55	35	70
86,40	100	30	50	60	336,00	100	70	40	80
88,90	90	25	60	80	337,50	80	50	40	90
90,00	100	50	80	60	345,60	100	80	50	90
98,00	100	35	60	70	350,00	80	70	60	100
103,00	80	25	40	55	355,60	90	80	60	100
108,00	100	40	80	90	360,00	80	60	35	70
112,00	100	60	90	70	375,00	80	50	40	100
117,90	80	50	70	55	387,90	90	80	55	100
120,00	90	30	40	60	329,00	60	35	25	70
122,50	80	35	60	70	396,00	100	55	30	90
123,75	80	30	40	55	400,00	90	60	40	100
125,00	80	25	60	100	408,00	60	70	55	80
128,00	100	60	90	80	412,50	80	55	40	100
132,00	100	25	25	55	420,00	80	60	30	70
136,40	80	25	55	100	432,00	100	80	40	90
137,50	80	50	60	55	440,00	60	50	25	55
144,00	100	40	60	90	448,00	100	70	30	80
147,60	90	50	70	55	460,80	100	60	25	80
151,00	90	30	35	70	469,30	90	55	25	80
155,56	90	35	60	100	471,40	80	55	35	100
160,00	100	50	60	80	480,00	80	40	25	100
163,33	90	35	40	70	490,00	40	35	30	70
165,00	100	50	40	55	500,00	80	50	30	100
168,00	100	35	40	80	512,00	90	60	25	80
172,80	100	40	50	90	518,40	100	60	25	90
176,00	90	55	50	60	525,00	80	70	40	100
180,00	80	40	60	90	529,00	70	60	35	90
187,00	70	30	55	100	540,00	80	70	35	90
192,00	100	40	35	70	550,00	80	55	30	100
196,00	100	35	30	70	560,00	60	35	25	100
200,00	90	60	80	100	586,70	90	55	25	100
202,50	80	30	40	90	588,00	40	35	25	70
206,25	80	50	40	55	600,00	80	70	35	100
210,00	100	50	40	70	648,00	80	60	25	90
215,50	70	40	35	55	685,70	40	60	30	100
220,00	90	55	40	60	704,00	60	55	25	80
225,00	80	50	60	90	783,70	70	80	35	100
231,00	100	55	40	70	880,00	60	55	25	100
235,70	80	55	70	100	1056,00	50	55	25	100
240,00	80	40	25	50	1080,00	80	90	25	100
245,00	80	35	30	70	1131,40	35	55	30	90
250,00	80	50	60	100	1188,00	40	55	25	90
256,00	90	60	50	80	1200,00	40	70	35	100
259,20	100	60	50	90	1320,00	40	55	25	100
262,50	80	35	40	100	1396,40	55	80	25	100
264,00	100	55	40	80	1478,40	25	55	25	70
264,50	70	30	35	90	1542,90	40	90	35	100
270,00	100	50	40	90	1600,00	40	80	30	100

Глава X

ОСНОВНЫЕ ФРЕЗЕРНЫЕ РАБОТЫ

Х.1. Погрешности обработки

Причины, вызывающие отклонения от форм и взаимного расположения поверхностей деталей, обработанных на фрезерных станках, связаны с: 1) неточностью станка; 2) погрешностью установки заготовки (ориентации и закрепления); 3) неточностью изготовления, установки, настройки и изнашивания фрез; 4) упругими деформациями технологической системы; 5) тепловыми деформациями; 6) внутренними напряжениями в заготовке.

Перед выполнением обработки в целях предотвращения брака следует реально оценить значения возможных отклонений по каждому из шести перечисленных факторов и произвести сравнение ожидаемого результата с допустимыми отклонениями. В случаях выполнения обработки поверхностей заготовок с широкими полями допустимых отклонений, очевидно превосходящими максимально возможные погрешности, такой оперативный анализ не производится.

Станок, приспособление (установочно-крепежное), инструмент, деталь (заготовка) образуют замкнутую упругую систему тел, которую принято называть технологической системой (СПИД).

В процессе фрезерования возникает сила резания, которая действует через один элемент СПИД — инструмент — на все остальные элементы системы, стремясь скрутить, отжать, изогнуть, вдавить, зажать в той или иной мере каждый из элементов.

Жесткость — это способность тела или системы тел сопротивляться силе, проявляющейся при их деформации. Жесткость определяют из отношения действующей силы к деформации, ею вызванной.

При обработке резанием интерес представляют деформации, вызывающие погрешности форм и размеров заготовок. Исходя из этого, значение жесткости дает отклонение составляющей силы резания P_y , направленной по нормали к обрабатываемой поверхности, к смещению заготовки в том же направлении y или инструмента в обратном направлении

$$J = P_y/y. \quad (51)$$

Так, если под действием составляющей $P_y = 4900$ Н заготовка отжимается от торцевой фрезы на 0,25 мм, то жесткость $J = 4900/0,25 = 19\,600$ Н/мм. Это означает, что при приложении силы в 19 600 Н отжатие заготовки составляет 1 мм при данных условиях обработки.

Так как при изменении режима резания сила резания изменяется, а жесткость системы остается прежней, то меняется значение отжатия. Поэтому при определении погрешностей удобнее пользоваться величиной, обратной жесткости, — податливостью ω , т. е.

$$\omega = y/P_y. \quad (52)$$

Если жесткость 19 600 Н/мм, то податливость $\omega = 1/19\,600 = 0,05102$ мм/кН = = 0,05 мкм/Н. Зная значение податливости, легко найти погрешность, вызванную отжатием. Допустим, что при чистовом фрезеровании плоскости торцевой фрезой составляющая силы резания $P_y = 500$ Н, а податливость заготовки — стола —

Таблица X.1

Нормы жесткости для вертикально-фрезерных станков с крестовым столом

Ширина стола В, мм	Степень точности станка *	Нагружающая сила Р, Н	Наибольшее допустимое перемещение, мм	
			в горизонтальном направлении	в вертикальном направлении
250	Н	7 850	0,32	0,36
	П	6 200	0,20	0,22
320	Н	12 250	0,30	0,40
	П	9 800	0,22	0,25
400	Н	19 600	0,44	0,45
	П	15 700	0,25	0,28
500	Н	24 500	0,45	0,50
	П	19 600	0,28	0,30
630	Н	30 850	0,50	0,56
	П	24 500	0,32	0,36
800	Н	41 200	0,56	0,6
	П	32 800	0,36	0,40
1000	Н	54 000	0,63	0,71
	П	44 100	0,40	0,45

Примечание Допускаемые перемещения для станков с шириной стола до 500 мм являются рекомендуемыми.

* Н — нормальная точность, П — повышенная точность

консоли $\omega = 0,05$ мкм/Н. Тогда отжатие $y = P_y \omega = 500 \cdot 0,05 = 25$ мкм. Такой будет погрешность размера по высоте обработанной заготовки.

В расчетах точности обработки учитывается жесткость системы, иначе говоря, ее податливость.

Целесообразно периодически осуществлять контроль жесткости станков и результаты отжатия иметь в виде справок на рабочих местах, если они выходят за пределы установленных норм жесткости.

В табл. X.1 приведены нормы жесткости для вертикально-фрезерных станков с крестовым столом.

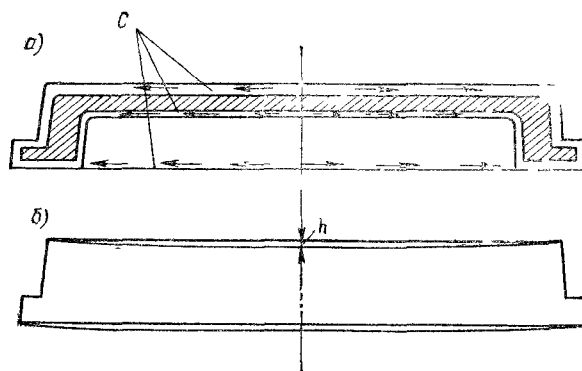
Учитывать тепловые деформации технологической системы в конкретных величинах при оперативном анализе погрешностей не представляется возможным. Однако при выполнении высокоточных обработок их следует предотвращать, обеспечивая по

возможности отвод теплоты из зоны резания. Это достигается с помощью СОЖ. Следует иметь в виду, что теплота при резании возникает в результате двух факторов: 1) сильного трения между сдвигаемыми относительно друг друга частицами металла, называемая теплотой внутреннего трения; 2) контактного трения поверхности фрезы о заготовку, стружки о фрезу и заготовку, называемая теплотой внешнего трения.

При работе фрезами из быстрорежущей стали теплота распределяется примерно так: 70—80 % уносится стружкой; 20—25 % затрачивается на нагрев фрезы, 4—9 % — на нагрев заготовки; в окружающую среду уносится около 1 %. При работе твердосплавными фрезами количество теплоты, поглощаемое фрезой, уменьшается, количество теплоты, уносимое стружкой, увеличивается.

Внутренние напряжения — упругие силы, приходящиеся на единицу площади того или иного сечения заготовки, — могут быть различными по значению и направлению в разных частях заготовки. Одни потенциально работают на растяжение, другие — на сжатие. Эти силы находятся в уравновешенном состоянии в заготовке,

Рис. X.1.
Размещение и направление внутренних упругих сил в чугуновой отливке



они возникают не за счет приложения внешних сил, а вследствие таких процессов, как кристаллизация жидкого металла с различной скоростью охлаждения в одной отливке, неравномерная пластическая деформация металла при ковке или штамповке и т. д. Наибольшие внутренние напряжения достигаются в слое металла, примыкающем к поверхности заготовки (рис. X.1, а).

В некоторых случаях значения внутренних напряжений могут достигать 100—150 МПа и более. На рис. X.1, а показана чугуновая отливка плиты — подставки в ее сечении. Незаштрихованные площади сечения представляют собой слои чугуна с относительно значительными внутренними напряжениями, а стрелки показывают направление действия упругих сил, в данном примере растягивающих.

При обработке такой заготовки сверху и снизу даже при относительно равной глубине удаляемого слоя металла сверху будет снят слой со значительно большим сечением, чем снизу. Так как суммарное значение внутренних сил упругости выражается произведением напряжения на площадь сечения в зоне их действия, то равновесие этих сил будет нарушено. Значительная часть упругих сил в верхней зоне заготовки исчезнет, что приведет к короблению (изгибу) заготовки от больше сохранившихся упругих сил в ее нижней части (рис. X.1, б).

Для того чтобы ослабить или почти исключить внутренние напряжения, приводящие к деформированию изделий, прибегают к термической обработке заготовки (обычно это низкотемпературный отпуск).

Мерой предотвращения отклонений по форме и расположению поверхностей от деформаций под воздействием внутренних напряжений, возникающих при механической обработке резанием, является постепенное, разделенное некоторыми промежутками времени удаление слоя металла с поверхностей, подлежащих обработке. Вначале производится грубая предварительная обработка всех поверхностей заготовки, которые должны обрабатываться. Целью данной обработки является удаление с поверхности так называемой корки. Корка — это загрязненный, сильно окисленный, отбеленный или подкаленный слой металла, располагающий наибольшими внутренними

напряжениями. В процессе этой операции фрезерование, как правило, ведется с наибольшей глубиной резания t .

Предварительная обработка начинается с фрезерования поверхностей, к которым предъявляются меньшие требования по точности и шероховатости, а заканчивается точными поверхностями с наибольшей площадью. Назначая промежутки времени между предварительной, получистовой и чистовой обработками, следует руководствоваться тем, что равновесие сил, вызванное нарушением в распределении внутренних напряжений, наступает не сразу, а постепенно в течение некоторого времени. За относительно короткий период (от 2 до 3 сут) выявляются наибольшие деформации, затем идет период медленного нарастания деформирования и уравнивания внутренних упругих сил.

Заранее определить значение таких деформаций практически невозможно. Даже совершенно одинаковые заготовки (по форме, размерам, металлу, технологии первичного формобразования — литье, штамповка, поковка и т. д.) могут иметь значительные различия в распределении и значении внутренних напряжений.

Х.2. Фрезерование плоскостей уступов и пазов

Плоскости обычно фрезеруют торцевыми фрезами. Диаметр фрезы D (мм) выбирают в зависимости от ширины фрезерования B по табл. Х.2 и из соотношения

$$D \approx (1,3 + 1,8) B. \quad (53)$$

При обработке плоскостей на горизонтально-фрезерных станках применяют как торцевые (для вертикальных поверхностей), так и цилиндрические фрезы (для горизонтальных поверхностей). При фрезеровании цилиндрическими фрезами выбирают ширину фрезы несколько большей ширины обрабатываемой поверхности. Диаметр фрезы при этом можно выбрать по табл. Х.3.

Таблица Х.2

Выбор диаметра торцевой фрезы при фрезеровании плоскостей. Размер, мм

Ширина фрезерования B	Диаметр фрезы D	Ширина фрезерования B	Диаметр фрезы D
45	80	200	250
65	100	240	320
80	125	320	400
110	160	400	500
150	200	500	630

Таблица Х.3

Выбор диаметра цилиндрической фрезы при фрезеровании плоскостей. Размеры, мм

Ширина фрезерования B	Диаметр фрезы D при глубине резания t		
	2	5	10
50	63	80	100
100	80	100	100
150	100	100	125

Фрезерование плоскости заготовки 1 торцевой фрезой 2 ($D > B$) следует вести с несколько смещенной осью относительно оси симметрии, как это показано на рис. Х.2. Размер $C = (0,03 + 0,06) D$. Такое смещение облегчает условия врезания фрезы.

Припуски на фрезерование плоскостей. Значения припусков на обработку плоскостей заготовок, изготовляемых из стали и чугуна (оглибки, поковки), даны в табл. Х.4, а заготовок из цветных металлов — в табл. Х.5.

Точность фрезерования плоскостей. При черновом фрезеровании обычно достигается точность размеров 11-го и 12-го квалитетов, при чистовом — 8-го и 9-го квалитетов. В отдельных случаях при тщательной работе (например, при тонком фрезеровании) можно получить 6-й и 7-й квалитеты.

В табл. Х.6 приведены основанные на многочисленных наблюдениях данные о точности получаемых размеров при фрезеровании плоскостей, а в табл. Х.7 — то же о точности формы и взаимного расположения плоскостей, достигаемых при фрезеровании на станках различных типов.

Шероховатость обработанной поверхности при фрезеровании колеблется в пределах $R_{a,80} - R_{a,0,63}$. Наиболее высокие параметры $R_a = 1,25 + 0,63$ достигаются методами тонкого фрезерования. Для получения шероховатости $R_{a,0,63}$ прибегают к тонкому фрезерованию летучей фрезой, представляющей собой однозубую

Таблица X.4

Припуск на сторону при обработке плоскостей деталей из черных металлов

Характер обработки фрезерованием	Наибольший размер обрабатываемой поверхности, мм															
	до 50		св. 50 до 120		св. 120 до 260		св. 260 до 500		св. 500 до 800		св. 800 до 1250		св. 1250 до 2000		св. 2000 до 3150	
	до 50	св. 50 до 120	св. 120 до 260	св. 260 до 500	св. 500 до 800	св. 800 до 1250	св. 1250 до 2000	св. 2000 до 3150	св. 3150 до 5000	св. 5000 до 8000	св. 8000 до 12500	св. 12500 до 20000	св. 20000 до 31500	св. 31500 до 50000	св. 50000 до 80000	св. 80000 до 125000
Черновое после литья: в песчаные формы в постоянную форму (кокаль) в оболочковую форму по выплавляемой модели Получистовое после чернового Чистовое после получистового	0,9—1,0	1,1—1,2	1,5—1,6	2,2—2,3	3,1—3,2	4,5—4,6	7,0—7,1	10—11								
	0,7	0,8	1,0	1,6	2,2	3,1	4,6	7								
	0,5	0,6	0,8	1,4	2,0	2,9	—	—								
	0,3	0,4	0,5	0,8	—	—	—	—								
	0,25	0,25	0,3	0,3	0,35	0,4	0,5	0,65								
	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,2	0,2								

Таблица X.5

Припуск на сторону при обработке плоскостей деталей из цветных металлов и сплавов

Характер обработки фрезерованием	Наибольший размер обрабатываемой поверхности, мм													
	до 50		св. 50 до 120		св. 120 до 260		св. 260 до 500		св. 500 до 800		св. 800 до 1250		св. 1250 до 1600	
	до 50	св. 50 до 120	св. 120 до 260	св. 260 до 500	св. 500 до 800	св. 800 до 1250	св. 1250 до 1600	св. 1600 до 2500	св. 2500 до 4000	св. 4000 до 6300	св. 6300 до 10000	св. 10000 до 12500	св. 12500 до 16000	св. 16000 до 25000
Черновое после литья: в песчаные формы (в землю) в кокаль и оболочковые формы по выплавляемым моделям под давлением Чистовое после чернового	0,65	0,75	0,8	0,95	1,1	1,25	1,4	1,6	1,8	2,1				
	0,35	0,45	0,5	0,65	0,85	1,1	1,3	1,5	—	—				
	0,25	0,3	0,4	0,55	0,7	0,85	1,0	—	—	—				
	0,15	0,25	0,3	0,45	0,6	0,75	0,9	—	—	—				
	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,23	0,27	0,37	0,45	0,55				

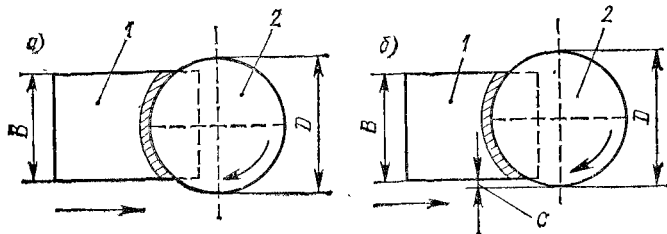


Рис. X.2.
Установка торцевой фрезы относительно заготовки: а — симметрично (не рекомендуется); б — асимметрично (рекомендуется)

торцевую фрезу, ось которой заведомо неперпендикулярна (на весьма малый угол) к поверхности стола. Зуб такой фрезы имеет широкое лезвие, ширина которого в два-три раза больше подачи. Глубина фрезерования при этом $t = 0,03 \div 0,1$ мм; подача $s_0 = 1,5 \div 2,5$ мм/об; скорость резания при обработке стали $v = 200 \div 250$ м/мин.

Другой метод достижения высоких параметров шероховатости плоской поверхности на заготовке из чугуна марок СЧ 21; СЧ 28 — шабрыщее фрезерование. При глубине резания от 0,03 до 0,1 мм, подаче $s_z = 1,5 \div 2,5$ мм/зуб и скорости резания $v = 150 \div 160$ м/мин достигается $R_z = 5$ мкм, а при $v = 240 \div 250$ м/мин — $R_z = 5 \div 2,5$ мкм. Шабрыщая фреза показана на рис. X.3.

Погрешность плоскостности возникает, если ось вращения торцевой фрезы неперпендикулярна к обрабатываемой поверхности или, иначе, — к плоскости стола станка. Плоскость получается вогнутой (рис. X.4) тем больше, чем больше угол β и чем меньше диаметр D торцевой фрезы.

Вогнутость δ определяется по формулам:

$$h = r - \sqrt{r^2 - B^2/4}; \quad (54)$$

$$\delta = h \operatorname{tg} \beta, \quad (55)$$

где h — стрела сегмента, у которого дуга — часть рабочей окружности фрезы, а хорда равна B — ширине фрезерования; r — радиус торцевой фрезы; β — угол отклонения от перпендикулярности оси вращения.

Таблица X.6

Точность получаемых размеров при фрезеровании плоскостей

Номинальные размеры заготовки, мм	Характер обработки фрезерованием									
	Черновой		Получистовой		Чистовой		Тонкой			
	Предельные отклонения (мкм) для квалитетов									
	14	12	11	12	11	10	9	7	6	
Св. 10 до 18	430	240	120	240	120	70	35	18	12	
» 18 » 30	520	280	140	280	140	84	45	21	14	
» 30 » 50	620	340	170	340	170	100	50	25	17	
» 50 » 80	700	400	200	400	200	120	60	30	20	
» 80 » 120	870	460	230	460	230	140	70	35	23	
» 120 » 180	1000	530	260	530	260	160	80	40	27	
» 180 » 260	1150	600	300	600	300	185	90	47	30	
» 260 » 360	1350	680	340	680	340	215	100	54	35	
» 360 » 500	1550	760	380	760	380	250	120	62	40	

Примечания: 1. Данные относятся к случаю обработки заготовки жесткой конструкции с габаритными размерами менее 1 м при базировании по чисто обработанной поверхности и использовании ее в качестве измерительной базы. 2. Точность обработки торцевыми фрезами при сопоставимых условиях выше, чем цилиндрическими (ориентировочно на один квалитет). 3. Точность обработки заготовок из чугуна и цветных металлов несколько выше точности обработки стали. 4. Тонкое фрезерование (с малыми глубинами резания и подачами на зуб) производят только торцевыми фрезами.

Таблица X.7

Фрезерные станки	Характер обработки фрезерованием	Отклонение, мкм				Неперпендикулярность по отношению к другой поверхности, обрабатываемой с этой же установки
		Неплоскостность, непрямолинейность	Непараллельность по отношению		к установочной поверхности	
			к установочной поверхности	к другой поверхности, обрабатываемой с этой же установки		
Горизонтально-фрезерные и универсальные обычной точности	Черновое	60—160	60—160	60—100	60—100	
	Чистовое Тонкое	25—60 16—40	16—60 10—25	16—40 10—25	16—40 10—25	
Горизонтально-фрезерные и универсальные повышенной точности	Черновое	60—100	60—160	60—160	60—160	
	Чистовое Тонкое	25—40 16—25	16—40 10—16	16—40 10—16	16—40 10—16	
Вертикально-фрезерные обычной точности	Черновое	60—100	60—200	100—250	100—250	
	Чистовое Тонкое	25—60 16—40	25—60 16—25	25—60 16—25	25—60 16—25	
Вертикально-фрезерные повышенной точности	Черновое	40—100	60—160	60—160	60—160	
	Чистовое Тонкое	16—40 10—25	16—40 10—16	16—40 10—16	16—60 16—25	
Продольно-фрезерные	Черновое	40—100	60—160	60—100	60—100	
	Чистовое Тонкое	16—40 10—25	16—40 6—16	10—25 6—16	10—25 1,5—6	
Баранно-фрезерные	Черновое	60—160	60—160	60—100	60—100	
	Чистовое	25—60	10—40	10—25	10—40	
Карусельно-фрезерные	Черновое	60—160	60—160	60—100	60—100	
	Чистовое Тонкое	25—60 16—40	16—60 10—25	16—40 10—25	16—40 10—25	
Горизонтально-расточные	Черновое	60—100	100—160	100—160	100—160	
	Чистовое Тонкое	25—60 16—25	25—60 16—25	25—60 16—25	25—60 16—25	
Агрегатные	Черновое	40—160	60—200	60—200	60—200	
	Чистовое Тонкое	16—40 10—25	10—40 6—16	10—40 6—16	10—40 6—16	

Примечание. Размеры плоскостей соответствуют размерам рабочих поверхностей столов станков.

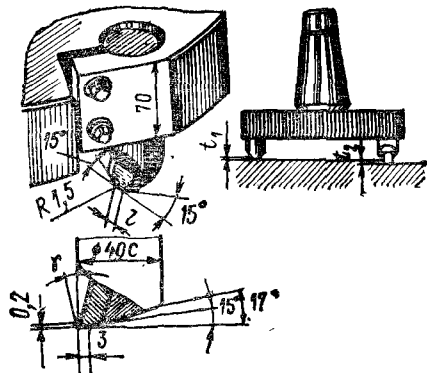


Рис. X.3.
Шабрающая фреза

параллельную контрольную плиту 3, затем опускают ползун (или гильзу) шпинделя так, чтобы между плитой 3 и вершинами зубьев фрезы оставался зазор до 0,1—0,2 мм. После этого пластинками щупа 2 измеряют фактический зазор по одному из зубьев с точностью, обеспечиваемой набором пластин (обычно это 0,02—0,03 мм). Зуб замечают и поворотом фрезы со шпинделем перемещают его на 180°. В этом месте вновь измеряют зазор между вершиной зуба и плитой. Разность замеров будет равна длине наименьшего катета прямоугольного треугольника, гипотенуза которого равна диаметру фрезы. Зная гипотенузу c и катет b , находим угол отклонения от перпендикулярности β по формулам:

$$b/c = \cos \alpha; \quad 90^\circ - \alpha = \beta. \quad (56)$$

При фрезеровании плоскости цилиндрической фрезой (набором фрез) погрешность плоскостности может быть вызвана так называемым подрезанием. Подрезание выражается появлением лунки 1 на обработанной поверхности (рис. X.5). Оно является результатом временного прекращения подачи, вследствие чего фреза некоторое время работает на одном месте заготовки. Упругие силы, действующие между фрезой и заготовкой, стремятся при этом сблизить их, что и приводит к произвольному появлению («выработке») лунки, и тем большей, чем меньше жесткость СПИД, чем больше усилие резания и чем дольше находится фреза на одном месте.

Фрезерование прямоугольного бруска. С задачей фрезерования заготовок типа бруска (рис. X.6) фрезеровщику приходится сталкиваться часто. Существенным

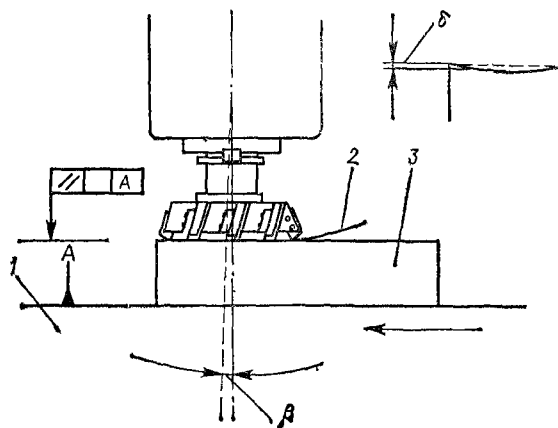


Рис. X.4.
Неправильная установка
торцевой фрезы и контроль
величины отклонения от пер-
пендикулярности

Пример 1. Определить вогнутость поверхности, фрезеруемой торцевой фрезой $D = 200$ мм при $B = 150$ мм, если отклонение от перпендикулярности оси вращения составляет угол $\beta = 25'$.

Зная, что $r = D/2 = 100$ мм, по формуле (54) находим

$$h = 100 - \sqrt{100^2 - 150^2/4} = 100 - \sqrt{10\,000 - 5625} = 33,8;$$

по таблице тригонометрических функций находим $\operatorname{tg} 25' = 0,00727$; по формуле (55) определяем

$$\delta = 33,8 \cdot 0,00727 = 0,24462 \text{ мм.}$$

Для того чтобы проверить правильность положения оси вращения (шпинделя), поступают следующим образом. На стол станка 1 (рис. X.4) ставят плоскопа-

В этом случае является правильным выбор баз и последовательности обработки поверхностей.

При закреплении заготовки в машинных тисках вначале должна быть обработана поверхность 1, имеющая наибольшую площадь (рис. X.6, а). Заготовка при этом устанавливается в тисках так, чтобы противоположная ей поверхность 4 опиралась на направляющую поверхность тисков или на две параллельные подкладки равной высоты.

Во втором переходе (рис. X.6, б) заготовка устанавливается обработанной поверхностью 1 к неподвижной губке тисков и прижимается к ней либо непосредственно подвижной губкой, либо, как показано на рисунке, через кусок металла круглого сечения 5 в центре губок. Это исключает возможный перекосяк заготовки при закреплении. В такой позиции фрезеруется поверхность 2, смежная с базовой 1. Второй и третий (рис. X.6, в) переходы обеспечивают получение прямого угла между поверхностями 1 и 2 и 1 и 3. В последнем переходе (рис. X.6, г) базой служит все та же поверхность 1. Брусок устанавливается поверхностью 1 на парные (имеющие равную высоту) параллельные подкладки и перед окончатель-

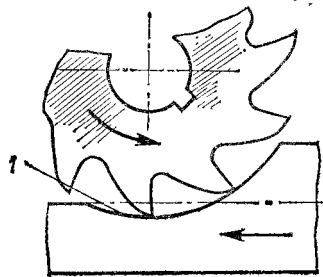


Рис. X.5.

Подрезание на плоской поверхности, вызываемое временным прекращением подачи цилиндрической фрезы

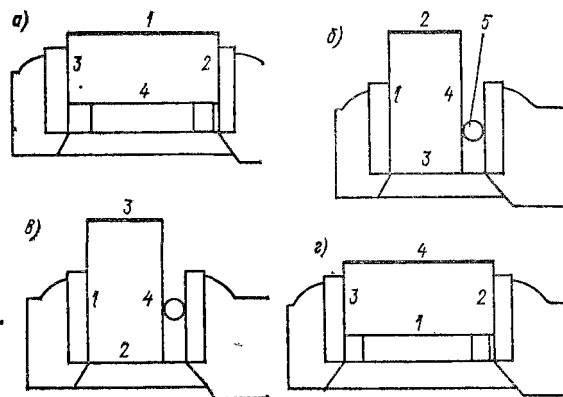


Рис. X.6.

Последовательность обработки плоскопараллельных и взаимно перпендикулярных поверхностей бруска

ным закреплением в тисках выверяется, для чего производится контроль параллельности базовой поверхности 1 столу. После выверки заготовка закрепляется окончательно. Если все проведено правильно, то поверхности 1 и 4 должны быть параллельны и вместе с тем перпендикулярны к поверхностям 2 и 3.

Приведенная последовательность обработки бруска является рациональной как при черновой, так и при чистовой обработке. При чистовой обработке во избежание повреждения обработанных поверхностей в процессе закрепления заготовки на губки тисков обычно надевают прокладки из листовой латуни или меди.

Фрезерование квадратов. При необходимости фрезеровать квадрат на заготовке из цилиндрического прутка (квадрат вписан в окружность) возникает вопрос: как вести настройку станка и измерение заготовки в процессе ее обработки?

На рис. X.7, а сторона квадрата обозначена S . При фрезеровании первых двух граней квадрата пользуются размером S_1 , а размером S — при фрезеровании третьей и четвертой граней.

Для определения S и S_1 пользуются следующими формулами:

$$S = 0,707D; \quad (57)$$

$$S_1 = 0,854D, \quad (58)$$

где D — диаметр заготовки, мм.

Фрезерование шестигранников. При фрезеровании шестигранников на цилиндрической заготовке возникает надобность в вычислении ряда величин, необходимых для настройки станка и измерений.

При фрезеровании первых трех граней измеряют размер S_1 (рис. X.7, б), а при обработке четвертой, пятой и шестой граней — размер S . Эти размеры вычисляются по формулам:

$$S = 0,866D; \quad (59)$$

$$S_1 = 0,933D. \quad (60)$$

Для установки фрезы на размер нужно взять размер a

$$a = 0,067D. \quad (61)$$

Отсчет размера a при установке фрезы производится по лимбу. При поступлении заготовки, обработанной на диаметр описанной окружности квадрата или шестигранника, можно определить размер a (рис. X.7) по формуле

$$a = (D - S)/2.$$

Фрезерование уступов. Уступы фрезеруют как на горизонтально-фрезерных, так и на вертикально-фрезерных станках. Основные схемы обработки уступов приведены в табл. X.8.

Фрезерование прямоугольных пазов. Обработка прямоугольных сквозных (на выход) пазов шириной до 16 мм с допустимыми отклонениями ширины по 10-му качеству осуществляется дисковыми пазовыми фрезами острозубыми и с затылованными зубьями. Закрытые (без выхода) пазы фрезеруются концевыми фрезами.

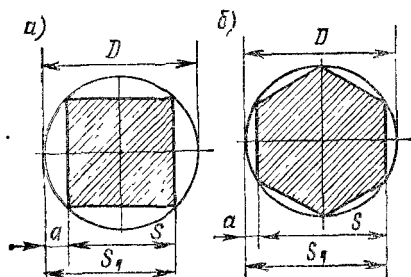


Рис. X.7.

Построение размеров при фрезеровании квадрата и шестигранника из цилиндрической заготовки

Более широкие сквозные прямоугольные пазы обрабатываются трехсторонними дисковыми фрезами. Однако фрезерование паза с допустимым отклонением ширины в пределах 9-го—10-го качества за один рабочий ход требует применения мерной (в поле допуска по ширине) фрезы, что нерационально, так как первая же переточка после затупления изменит ее размер по ширине и выведет его за пределы поля допуска. Вследствие этих обстоятельств фрезерование точно необходимо производить за два (минимум) рабочих хода. При первом рабочем ходе обрабатывается одна сторона паза, причем обработана начисто в заданном чертежом положении. При втором рабочем ходе обрабатывается оставшаяся часть паза. Установка фрезы на размер паза выполняется от уже обработанной за первый рабочий ход вертикальной (боковой) поверхности. Такой способ фрезерования дает возможность, применяя короткие пробные рабочие ходы в самом начале, установить фрезу по торцу паза с высокой степенью точности, что служит базой для высокоточного выполнения всего паза.

Сохранение точной установки для всех других заготовок данной партии деталей обеспечивается за счет закрепления жесткого упора на поперечных направляющих стола станка. Следует заметить, что пробные установочные рабочие ходы позволяют автоматически учитывать фактическое влияние торцевого биения фрезы на положение и размер паза.

Закрытые прямоугольные пазы, прямые и с изменяющимся направлением, фрезеруются концевыми фрезами на вертикально-фрезерном станке.

Если паз прямолинейный, то после установки и закрепления заготовки стол (или фрезу) перемещают вручную таким образом, чтобы фреза в самом начале обработки врезалась на небольшую глубину — 2—3 мм. Затем, предварительно установив кулачки автоматического переключения продольной подачи с прямой на обратную, включают рабочий ход, постепенно углубляя фрезу в конце каждого двойного хода.

Пазы криволинейные (рис. X.8) фрезеруются за один рабочий ход на полную их глубину. Соответственно этому условию назначается скорость результирующей подачи. На рис. X.8, б эта скорость определяется гипотенузой треугольника, где катеты — поперечная $s_{\text{поп}}$ и продольная $s_{\text{пр}}$ подачи. В местах значительных изменений

в направлении паза в результате упругой деформации концевой фрезы образуются врезания B (рис. X.8, а), которые тем больше, чем меньше жесткость фрезы и чем больше силы резания, зависящие от подачи, глубины резания и предела прочности материала заготовки.

Фреза на участке a паза была деформирована в направлении, противоположном направлению подачи. В конечной точке участка, например, поперечная подача $s_{\text{поп}}$ была на время прекращена, чтобы затем одновременно были включены как поперечная $s_{\text{поп}}$, так и продольная $s_{\text{пр}}$ подачи. За время выключения подачи фреза, вращаясь и не испытывая усилия резания в направлении P_y (рис. X.9, а), выпрямлялась на некоторую величину Δ , образуя врезание B .

Устранение такой погрешности обработки требует: 1) в пределах возможного увеличить жесткость концевой фрезы за счет уменьшения ее вылета; 2) уменьшить рабочую подачу.

Деформация концевой фрезы, вызывающая соответствующую погрешность обработки, определяется по формуле

$$\Delta_p = PL^3/K_n, \quad (62)$$

где P — сила, приложенная к концу фрезы; L — длина фрезы до места посадки в шпиндель, т. е. ее вылет; K_n — коэффициент, учитывающий жесткость фрезы (см. рис. X.9, б).

Гнезда под врезные призматические шпонки фрезеруют на шпоночно-фрезерных станках с маятниковой подачей (рис. X.10, а). В этом случае фрезеруемый вал неподвижен, а шпиндель станка кроме вращательного совершает также возвратно-поступательное маятниковое движение вдоль оси детали. Фрезерование гнезда производится за несколько проходов. Длина хода маятникового движения регулируется и должна быть равна длине шпоночной канавки за вычетом диаметра фрезы.

При обработке врезных (закрытых) шпоночных гнезд при-

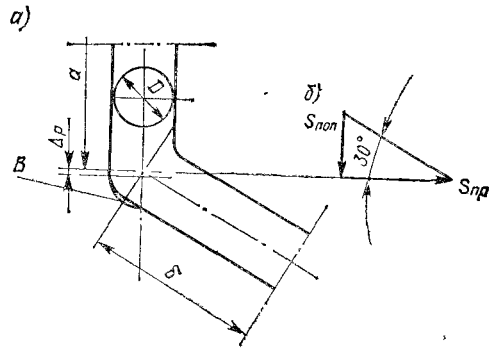


Рис. X.8.

Врезание, образуемое при фрезеровании концевой фрезой прямоугольного паза с криволинейным ходом

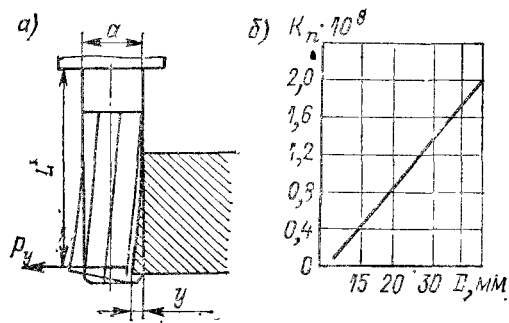


Рис. X.9.

Деформации концевой фрезы: а — схема деформирования; б — зависимость коэффициента жесткости твердосплавных фрез от их диаметра

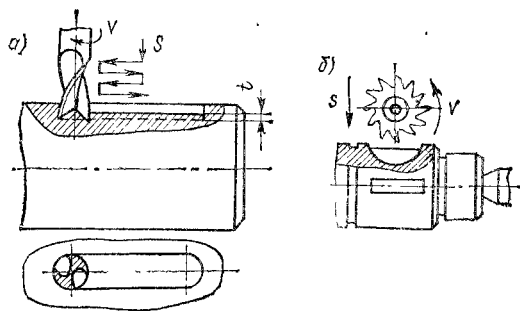
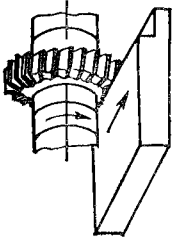
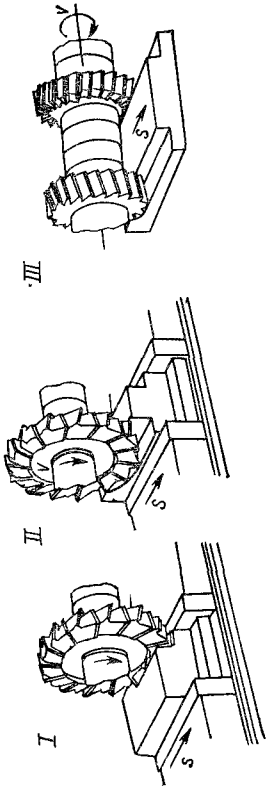
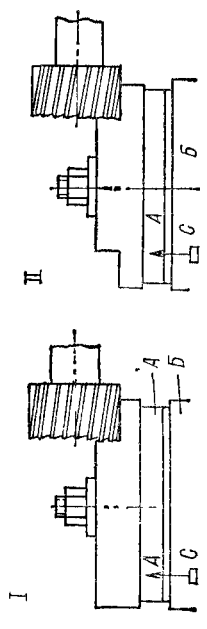


Рис. X.10.

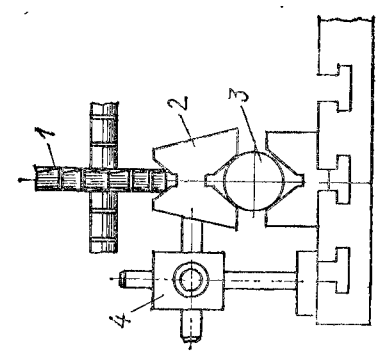
Фрезерование шпоночных гнезд: а — шпоночными фрезами с маятниковой подачей; б — дисковыми фрезами с вертикальной или поперечной подачей

Методы фрезерования уступов

Эскиз	Содержание метода
	<p>При обработке одного уступа (напрямер, правого, как показано на рисунке) на горизонтально-фрезерном станке фрезерование ведут диском с двухсторонней фрезой. Настройка станка на заданный размер осуществляется либо по размерам, либо по лимбу вертикальной подачи, либо по специальным установкам (габаритам), предусмотренным на приспособлении. Контроль правильности обработки осуществляется штангенциркулем, штангенглубиномером или специальными шаблонами, измеряющими ширину и глубину уступа.</p>
	<p>В случае необходимости обработать два уступа (правый и левый) фрезерование ведется в два приема. Вначале обрабатывают правый уступ (поз. I), а затем передвигают стол в поперечном направлении на расстояние, равное ширине выступа между двумя уступами, и фрезеруют левый уступ (поз. II). После этого проверяют три размера: ширину и глубину каждого уступа, а также расстояние между ними. В приведенном случае, поскольку одной фрезой приходится фрезеровать правый и левый уступы, используют не двухстороннюю, а дисковую трехстороннюю фрезу. Более подробной оказывается схема фрезерования (поз. III). В этом случае используется набор из двух дисковых двухсторонних фрез с разным направлением наклона зубьев. Расстояние между фрезами набора заранее установлено с помощью соответствующим образом подбранных установочных колец. Глубина обоих уступов получается равной благодаря тому, что обе фрезы в наборе профилируются на один размер. Таким образом удается добиться повышения производительности фрезерования за счет снижения как вспомогательного, так и основного времени (совмещение</p>

<p>двух переходов в одном). Этот метод применяется при серийной обработке партия одинаковых деталей</p>		<p>Фрезерование двух уступов на горизонтально-фрезерной станке может быть осуществлено и торцевой насадной фрезой. В этом случае используется поворотное приспособление типа двухпозиционного стола, позволяющее вести обработку методом позиционного фрезерования. На поз. I фрезеруется правый уступ. Поворотная часть стола А при этом надежно фиксируется фиксатором С относительно основания В. Затем фиксатор выводится из отверстия и после поворота на 180° вновь заправляется для фрезерования левого уступа (поз. II). Точность взаимного расположения уступов здесь может быть очень высокой. Значительно повышается и производительность фрезерования, так как отпадают затраты на перемещение стола в поперечном направлении с фиксированием его положения по лимбу поперечной подачи</p>
		<p>При обработке деталей на вертикально-фрезерных станках для фрезерования уступов используют соцевые фрезы. Наилучшие результаты в этих случаях, особенно при обработке вязких сталей, могут дать фрезы с малым числом зубьев (см. гл. II). Поверхности уступа, обработанные концевыми фрезами, оказываются более чистыми, чем поверхности, обработанные дисковыми фрезами. Но производительность процесса фрезерования концевыми фрезами также не уступает фрезерованию дисковыми фрезами (без применения набора фрез). Возможно использование поворотного приспособления для обработки по методу позиционного фрезерования. При выборе концевой фрезы следует иметь в виду, что стружка должна отпадать от заготовки, направляться вверх по винтовым канавкам фрезы. Поэтому направление винтовых канавок должно совпадать с направлением вращения шпинделя, т. е. при правом вращении следует брать и фрезу с правым направлением винтовых канавок</p>

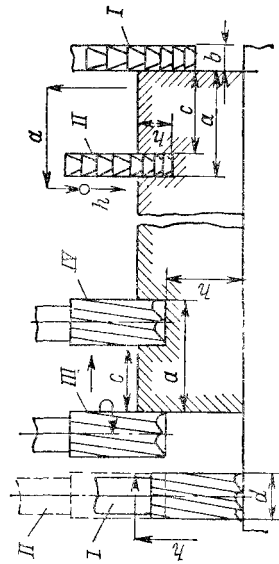
Способы настройки на заданные размеры при фрезеровании пазов и канавок

Эскиз	Содержание
<p style="text-align: center;"><i>Настройка по шаблонам</i></p> 	<p>Достаточно простой и точной оказывается настройка с помощью шаблона-призмы 2, закрепленной на стойке 4. В этом случае установка дисковой трехсторонней фрезы 1 точно по оси симметрии обрабатываемой заготовки-валика 3 обеспечивается за счет соответствия V-образных вырезов призммы 2</p>

Эскиз

Содержание

Настройка на лямбда-подбачи

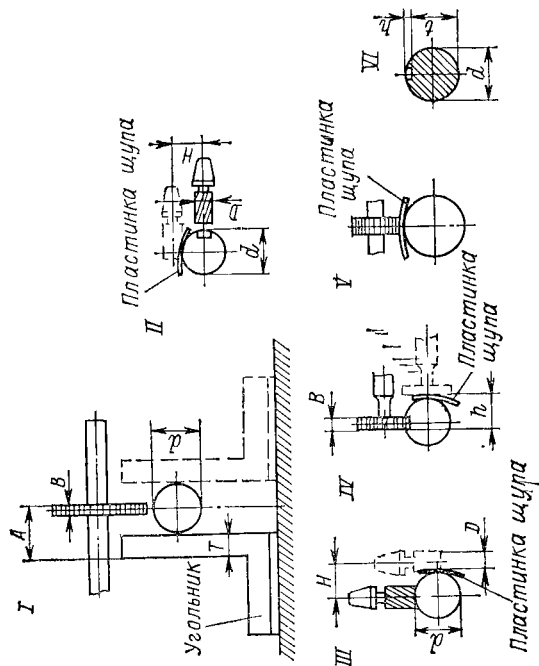


При отсутствии шаблонов приходится прибегать к универсальным способам настройки на заданный размер, основанным на точном перемещении стола по заданным координатам. Допустим, например, что в заготовке призматической формы требуется концевой фрезой диаметром d профрезеровать прямоугольную канавку с координатами a и b (на рисунке слева). Диаметр фрезы равен ширине канавки. Для установки на размер b , заданный от основания заготовки, сначала поднимают консоль станка, доводя фрезу до соприкосновения с поверхностью стола, если заготовка непосредственно установлена на столе, или с опорой, если заготовка устанавливается в приспособлении (поз. I). Затем опускают консоль на глубину h , при этом фреза оказывается установленной по высоте (поз. II). После этого, включив вращение фрезы, перемещают стол в поперечном направлении до тех пор, пока на боковой поверхности обрабатываемой заготовки не появится слабый след от вращающейся фрезы (положение III). Далее продвигают стол в продольном направлении и выводят фрезу за пределы обрабатываемой детали, после чего перемещают стол по лямбда-подбачи на размер второй координаты a (поз. IV). На рисунке справа показана установка дисковой фрезы шириной b в случае, когда размер h канавки отсчитывается от верхней поверхности заготовки. Сначала фрезу подводят к боковой поверхности заготовки (поз. I). Затем опускают стол так, чтобы фреза оказалась выше верхней поверхности заготовки, и перемещают поперечные салазки на размер a . Включив вращение фрезы и подняв стол на высоту, при которой фреза оставит легкий след на поверхности заготовки, производят дальнейший подъем стола на высоту h (поз. II). Если вместо размера a был бы задан размер c , то горизонтальное перемещение стола в первом примере было бы равно $c + d$, а во втором $c + b$. Вращение фрезы при настройке станка необходимо для уменьшения погрешности установки, которая возникает при касании фрезы заготовки не одним, а двумя смежными зубьями.

Эскиз

Содержание

Настройка фрезы при фрезеровании шпоночного паза



Для установки дисковой фрезы в диаметральной плоскости вала может быть применен описанный способ настройки по лимбам подачи. В этом случае вращающаяся фреза приводится в соприкосновение с валом (соприкосновение контролируется по шпону отметке, предварительно нанесенной на боковой поверхности вала). Затем стол опускается и смещается в поперечном направлении (с контролем по лимбу) на расстояние

$$A = (d + B)/2.$$

Здесь d — диаметр вала, мм; B — ширина фрезы, мм. Более точным является способ установки дисковой фрезы с помощью угольника и штангенциркуля или микрометра. Установив угольник (поз. I), замеряют штангенциркулем расстояние A . Это расстояние заранее подсчитывают по формуле

$$A = T + (d + B)/2.$$

где T — ширина вертикальной полки угольника. Затем устанавливают угольник с другой стороны вала (показан штриховыми линиями) и еще раз проверяют таким же методом размер A . Если оба отсчета штангенциркуля совпадают, то фреза установлена точно. Установка концевой шпоночной фрезы на горизонтально-поворотном станке показана на позициях I и II. При установке на горизонтально-фрезерном станке вал подводит к осевой фрезе (показана штриховыми линиями) так, чтобы пластинка шпулы (0,02—0,03 мм), помещенная на вал, оказалась слегка зажатай. После этого стол перемещают в поперечном направлении H , пользуясь лимбом, поднимают на высоту H

$$H = d/2 + D/2,$$

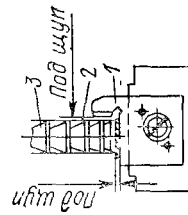
где d — диаметр вала, мм; D — диаметр фрезы, мм. При установке на вертикально-фрезерном станке (поз III) вначале зажимают пластинку шпулы, опускают стол, а затем перемещают стол с заготовкой на размер H , равный, как и в предыдущем случае, полусумме диаметров вала и фрезы.

Установку фрезы при фрезеровании гнезда под сегментную шпоночную производят соответственно поз. V/У. Перемещение стола после поджима пластины и опускания стола производят на расстояние

$$h = d/2 + B/2.$$

Установка инструмента на глубину гнезда (при фрезеровании в один рабочий ход) осуществляется следующим образом: поднимая стол, подводят вал к наружной цилиндрической поверхности диска вон фрезы (поз V) или к торцу концевой фрезы так, чтобы между фрезой и заготовкой оказалась бы зажатая пластина шупа. Затем, пользуясь лимбом вертикальной подачи, поднимают стол на необходимую величину h , которая либо задана на чертеже, либо, если задан размер t (поз. VI), может быть вычислена по формуле $h = d - t$

Настройка с помощью установочной (габаритной) для фрез



Наиболее точной и производительной оказывается настройка на заданные размеры с помощью установочных (габаритных) для фрез, предусмотренных в конструкции установочно-зажимных приспособлений.

Установ 1 представляет собой стальной закаленный угольник, жестко закрепленный на корпусе приспособления. Чтобы прикосновение фрезы 3 к установке могло быть проконтролировано на ощупь, между поверхностями последнего и лезвием фрезы прокладывают мерный шуп 2 толщиной 3 или 5 мм. При сопряжении с фрезой шуп не следует зажимать, он должен перемещаться без заметного усилия между фрезой и установкой.

меняют двузубые шпоночные фрезы, зубья которых с торца заточены на обратный конус (т. е. не наружу, как у сверла, а наоборот, в тело инструмента). Работают эти фрезы и при осевой подаче. Гнезда под сегментные шпонки фрезеруются дисковыми шпоночными фрезами как на горизонтальных, так и на вертикальных фрезерных станках (рис. X 10, б). Направление подачи — только к центру вала. Методы установки фрезы по диаметральной плоскости заготовки такие же, как и приведенные в табл. X.9.

Отрезные работы осуществляются прорезными (отрезными) фрезами. Заготовки при отрезных работах закрепляются параллельно фрезерной оправке в тисках и притом таким образом, чтобы фреза располагалась как можно ближе к губке тисков, но не задевала бы за нее. При отрезании нередко прибегают к методу попутного фрезерования, при котором фреза не вырывает заготовку из тисков, а еще дополнительно прижимает ее. В этом случае необходимо, чтобы ходовой винт стола не имел мертвого хода. Для получения чистых торцевых поверхностей разрезки подачи при отрезании должны быть небольшими — 0,01—0,03 мм/зуб. Заготовку следует жестко крепить в тисках.

Помимо рассмотренных типов прямоугольных пазов в машиностроении встречается и ряд специальных пазов, таких, например, как пазы узкие и глубокие, особо точные пазы, пазы, проходящие через отверстие, и др. Обработка этих пазов имеет свою специфику.

На рис. X.11 показана схема фрезерования глубокого сквозного паза длиной 55 мм на валу регулятора паровой турбины по методу фрезеровщика-новатора А. В. Бородулина. По существовавшему ранее технологическому процессу для входа и выхода фрезы необходимо было сверлить по одному отверстию с каждого конца паза. При этом ось отверстия искривлялась, а фреза на выходе из вала часто ломалась. Изменив процесс, Бородулин разбил операцию на три перехода. Вначале проводилась обработка шпоночной фрезой диаметром 10 мм на половину всей глубины с припуском 0,5 мм на сторону по ширине. Затем закрепленный в

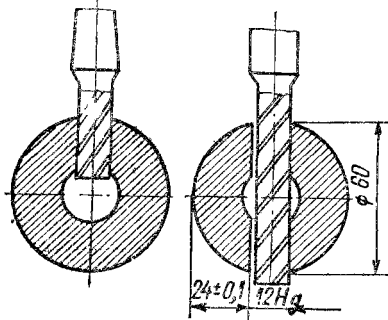


Рис. X.11.
Фрезерование глубокого сквозного паза

делительной головке вал повертывался на 180° и также обрабатывалась вторая половина паза по глубине. После этого фрезеровалась на всю глубину одна сторона паза и выдерживался размер $24 \pm 0,1$ мм, а затем фрезеровалась вторая его сторона, и выдерживался размер $12 H_9$, контролируемый по калибру-пробке. В результате изменения процесса отпала необходимость в припосылке паза, поломка фрез прекратилась, а качество поверхности заметно улучшилось.

Фрезерование узких и глубоких пазов вызывает трудности, связанные с частой поломкой и быстрым изнашиванием фрез из-за значительного бокового трения и нагрева. Это тем больше сказывается, чем в более вязком металле приходится фрезеровать пазы. Заметного преодоления возникающих трудностей удается добиться при изменении геометрических параметров фрез. Так, при фрезеровании пазов шириной 2 мм и глубиной 25 мм в жаропрочном сплаве для устранения поломок новаторы производства увеличили боковое поднутрение стандартной прорезной фрезы с $\phi_1 = 0^\circ 30'$ до $\phi_1 = 2^\circ$; одновременно до 27 мм был увеличен диаметр посадочного отверстия фрезы, что повысило ее жесткость. Эти два мероприятия привели к повышенной стойкости фрез в 3,5—4 раза по сравнению со стойкостью стандартных фрез при тех же режимах резания.

Настройка станка на заданные размеры при фрезеровании пазов нередко представляет собой сложную задачу (табл. X.9). Измерения при фрезеровании пазов и канавок производятся как обычными штриховыми инструментами, так и калибрами (шаблонами).

Х.3. Фрезерование пазов специальных профилей

Фрезерование Т-образных пазов. Профиль Т-образного паза образовывается за три перехода, обычно выполняемых на вертикально-фрезерных или продольно-фрезерных станках.

На примере обработки двух смежных пазов (рис. X.12, а) проследим выполнение этой операции. Первый переход (рис. X.12, б) заключается в фрезеровании концевой или дисковой трехсторонней фрезой сначала одного, а затем и смежного паза за один рабочий ход на 14 мм по ширине и на 21 мм по глубине. Второй переход (рис. X.12, в) состоит из последовательного фрезерования за один рабочий ход Т-образной концевой фрезой соответствующего размера симметричных прямоугольных поднутрений в пазах на размер $24^{+1,5}$ мм по ширине и 11 мм по высоте. Третий переход (рис. X.12, г) используется для фрезерования фасок $1,5 \times 45^\circ$ вдоль кромок каждого паза за один рабочий ход угловой концевой или дисковой угловой фрезой.

Перемещение стола станка или фрезы со шпиндельной бабкой на шаг пазов (90 мм) отсчитывается по встроенным в станок измерительным линейкам и лимбам, что обеспечивает выполнение размера шага в допустимых отклонениях.

Фрезерование пазов типа «ласточкин хвост». Профиль этих пазов образовывается в два перехода, обычно выполняемых на вертикально-фрезерных или продольно-фрезерных станках.

В первом переходе (рис. X.13, а) концевой или трехсторонней дисковой фрезой за два или более рабочих хода фрезеруется прямоугольный паз с размерами B по ширине и H по глубине. Середина паза должна быть размещена на заданном от базовой поверхности расстоянии с помощью методов, указанных в табл. X.9. Во втором переходе (рис. X.13, б) одноугловой концевой фрезой поочередно фрезеруются боковые скошенные поверхности, обычно за один рабочий ход каждая. Между ними выдерживается размер A .

Непосредственное измерение размера A практически невозможно. Контроль ведется с помощью штангенциркуля со специальными губками для измерения пазов и направляющих поверхностей типа «ласточкин хвост» (рис. X.14). Штангенциркуль имеет специальные губки с углом α , равным 45, 50, 55 и 60°.

В ряде случаев приходится прибегать к более сложному косвенному измерению. Так, для определения ширины паза между скошенными поверхностями применяют два калиброванных ролика, номинальные диаметры которых могут выбираться относительно широко, лишь бы толщина набора концевых мер — размер L (рис. X.15, б) — оказалась меньше размера B .

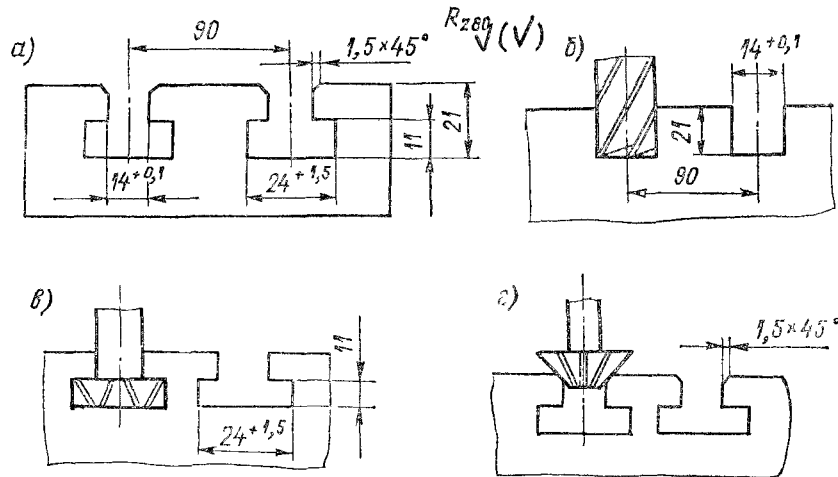


Рис. X.12. Схема последовательности фрезерования двух Т-образных пазов

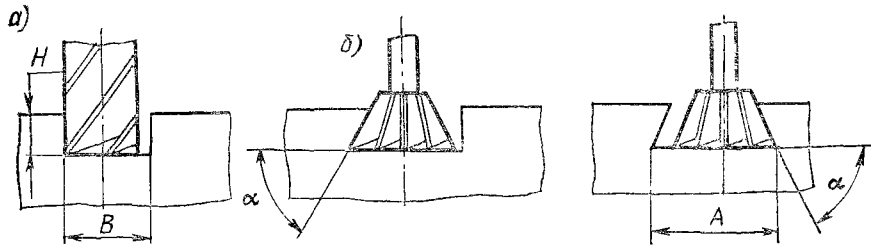


Рис. X.13.

Схема последовательности фрезерования пазов типа «ласточкин хвост»

Размеры A , b и L (рис. X 15) рассчитывают по формулам:

$$A = L + 2r + 2b; \quad (63)$$

$$b = r \operatorname{ctg}(\alpha/2); \quad (64)$$

$$L = A - 2r - 2b, \quad (65)$$

где A — ширина паза между вершинами внутренних углов, образованных скосами; L — расстояние между цилиндрическими поверхностями роликов; r — радиус роликов; b — большой катет прямоугольного треугольника, очерченного биссектрисой угла α , перпендикуляром из центра ролика на дно паза и участком дна паза.

Измеряя набором концевых мер размер L , можно с высокой степенью точности (0,01—0,02 мм) определить размер паза.

Пример 2. Определить размер L , если $A = 100$ мм, $\alpha = 60^\circ$; $r = 10$ мм. По формуле (64)

$$b = 10 \cdot 1,732 = 17,32 \text{ мм};$$

по формуле (65)

$$L = 100 - 2 \cdot 10 - 2 \cdot 17,32 = 46,36 \text{ мм}.$$

Фрезерование угловых канавок на цилиндрических заготовках. С подобного рода обработкой фрезеровщик сталкивается при изготовлении многозубых режущих инструментов (фрез, метчиков, разверток), а также храповых колес. Задача настройки

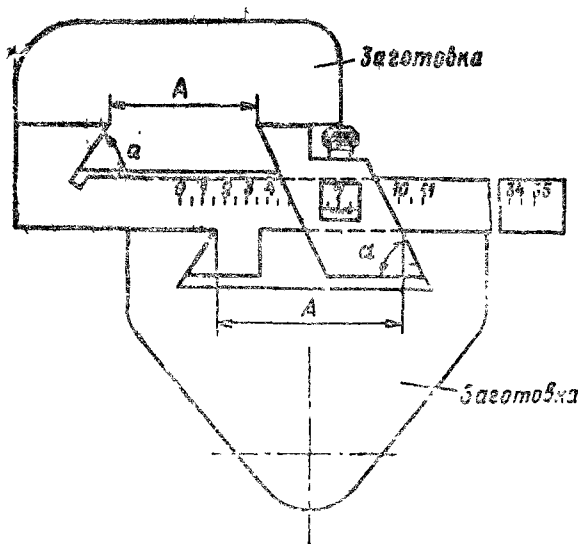


Рис. X.14.

Штангенциркуль со специальными губками для измерения пазов типа «ласточкин хвост»

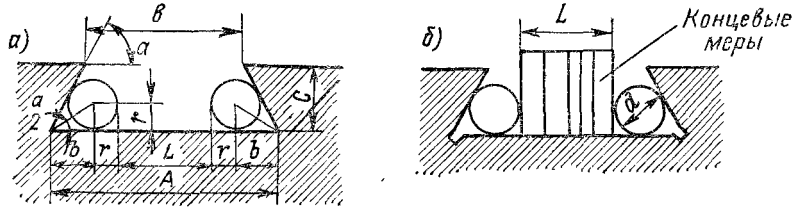


Рис. X.15.

Геометрическое построение размеров и контроль выполнения обработки пазов типа «ласточкин хвост» при помощи калиброванных роликов

сводится к такой установке фрезы относительно заготовки, при которой в результате обработки получают канавки заданных форм и размеров.

На рис. X.16 показана последовательность относительного положения фрезы и заготовки. Положение фрезы определяется координатами x (смещение от вертикальной оси) и y (углубление в тело заготовки).

Если координаты x и y известны, то настройка станка сводится к следующему. На стол станка устанавливают угольник (поз. I) до касания с заготовкой в точке K, затем перемещают стол до тех пор, пока фреза не коснется торцом вертикальной полки угольника. После этого убирают угольник и, контролируя по лимбу поперечной подачи, перемещают стол на расстояние $d/2$ (поз. II). Далее, включив вращение фрезы, поднимают консоль до касания вращающейся фрезы с заготовкой, затем продольным перемещением стола выводят фрезу за пределы заготовки и по лимбам перемещают консоль вверх на высоту y , а стол — на расстояние x в поперечном направлении (стрелки на поз. III).

Если координаты x и y неизвестны, то их нужно вычислить. Значения этих координат зависят от ряда факторов — от высоты фрезеруемого зуба, его геометрии и размеров фаски. В случае, когда заданы диаметр заготовки d , передний угол зуба γ , высота зуба h и угол φ , определяющий профиль стружечной канавки, а обработка ведется двухугловой фрезой с углами φ и φ_1 (рис. X.17, a), координаты определяются по формулам:

$$x = 0,5d \sin(\gamma + \varphi_1) - h \sin \varphi_1 / \cos \gamma; \quad (66)$$

$$y = 0,5d [1 - \cos(\gamma + \varphi_1)] + (h / \cos \gamma) \cos \varphi_1. \quad (67)$$

В частном случае, когда $\gamma = 0$,

$$x = (0,5d - h) \sin \varphi_1; \quad (68)$$

$$y = 0,5d (1 - \cos \varphi_1) + h \cos \varphi_1. \quad (69)$$

Если работа выполняется не двухугловой, а одноугловой фрезой ($\varphi_1 = 0$), то при $\gamma \neq 0$

$$x = 0,5d \sin \gamma; \quad (70)$$

$$y = 0,5d (1 - \cos \gamma) + h / \cos \gamma. \quad (71)$$

При $\gamma = 0$ $x = 0$ и $y = h$.

В приведенных формулах не учтены поправки, связанные с наличием закругления r канавки у основания зуба. Если эти поправки учесть, то координаты x и y , вычисленные по формулам (66)–(71), следует заменить их фактическими значениями x_ϕ и y_ϕ :

$$x_\phi = x + \Delta x; \quad (72)$$

$$y_\phi = y - \Delta y. \quad (73)$$

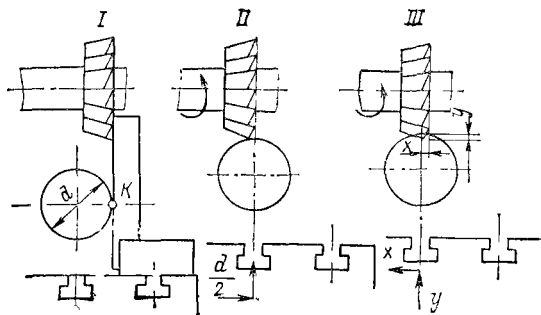


Рис. X.16.

Схема последовательности взаимных положений фрезы и заготовки при установке для фрезерования угловых канавок

Поправки Δx и Δy вычисляются по формулам:

$$\Delta x = \frac{r \sin (\varphi / 2 - \varphi_1)}{\sin (\varphi / 2)} ; \quad (74)$$

$$\Delta y = r \left[\frac{\cos (\varphi / 2 - \varphi_1)}{\sin (\varphi / 2)} - 1 \right] . \quad (75)$$

Пример 3. Определить координаты установки двухугловой фрезы с параметрами: $\varphi = 70^\circ$; $\varphi_1 = 15^\circ$ и $r = 0,5$ мм при фрезеровании зуба на заготовке диаметром $d = 32$ мм, высотой $h = 4$ мм, с передним углом $\gamma = 6^\circ$.

По формулам (66) и (67) находим:

$$x = (32/2, \sin (6^\circ + 15^\circ) - 4 \sin 15^\circ / \cos 6^\circ ;$$

$$y = (32/2) [1 - \cos (6^\circ + 15^\circ)] + 4 \cos 15^\circ / \cos 6^\circ .$$

Подставляя значения тригонометрических величин, найденные в соответствующих таблицах; $\sin (6^\circ + 15^\circ) = \sin 21^\circ = 0,35837$; $\cos (6^\circ + 15^\circ) = \cos 21^\circ = 0,93358$; $\sin 15^\circ = 0,25882$; $\cos 15^\circ = 0,96592$ и $\cos 6^\circ = 0,99452$, получаем $x = 4,69$ мм и $y = 4,92$ мм.

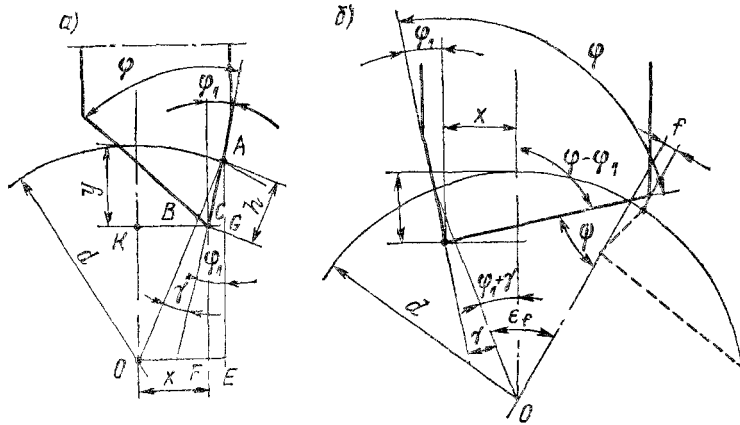


Рис. X.17.

Геометрические построения при определении координат для установки двухугловых фрез

Находим поправки на округление зуба рабочей фрезы по формулам (74) и (75):

$$\Delta x = \frac{0,5 \sin (70^\circ / 2 - 15^\circ)}{\sin (70^\circ / 2)} ;$$

$$\Delta y = 0,5 \left[\frac{\cos (70^\circ / 2 - 15^\circ)}{\sin (70^\circ / 2)} - 1 \right] .$$

Подставив значения тригонометрических величин и проведя соответствующие преобразования, получим

$$\Delta x = 0,297 \text{ мм и } \Delta y = 0,32 \text{ мм.}$$

Окончательно находим координаты установки угловой фрезы по формулам (72) и (73):

$$x_{\text{ф}} = 4,69 + 0,297 = 4,987 \approx 5 \text{ мм; } y_{\text{ф}} = 4,92 - 0,32 = 4,6 \text{ мм}$$

В случае, когда заданы не высота зуба, а ленточка зуба f , а также углы γ , φ и φ_1 , диаметр d и число зубьев z обрабатываемой заготовки, расчет координат несколько отличается от предыдущего.

Расчет начинается с определения центрального угла ε_f (рис. X.17, б), соответствующего угловому шагу зубьев с вычетом ленточки f ,

$$\varepsilon_f = \frac{\pi d/z - f}{d} \frac{360^\circ}{\pi}. \quad (76)$$

Затем определяется угол ψ , равный

$$\psi = \gamma + \varphi - \varepsilon_f. \quad (77)$$

Координаты x и y определяются:

а) при обработке стружечных канавок с углом $\gamma = 0$ двухугловой рабочей фрезой:

$$\psi = \varphi - \varepsilon_f; \quad (78)$$

$$x = 0,5d \sin \psi \sin \varphi_1 / \sin \varphi; \quad (79)$$

$$y = 0,5d \{1 - \sin \psi / [\sin(\varphi - \varphi_1)] [1 - \cos(\varphi - \varphi_1) \sin \varphi_1 / \sin \varphi]\}; \quad (80)$$

б) при обработке канавок с углом $\gamma \neq 0$ одноугловой фрезой ($\varphi_1 = 0$):

$$\psi = \varphi + \gamma - \varepsilon_f; \quad (81)$$

$$x = 0,5d \sin \gamma; \quad (82)$$

$$y = 0,5d (1 - \sin \psi / \sin \varphi + \sin \gamma \operatorname{ctg} \varphi); \quad (83)$$

в) при обработке канавок с углом $\gamma = 0$ одноугловой фрезой ($\varphi_1 = 0$):

$$\psi = \varphi - \varepsilon_f; \quad (84)$$

$$x = 0; y = 0,5d (1 - \sin \psi / \sin \varphi). \quad (85)$$

По формулам (78)–(85) определяются лишь расчетные координаты установки фрез. Фактические координаты x_f и y_f , учитывающие поправки, зависящие от радиуса r округления профиля лезвий рабочей угловой фрезы, находятся по формулам (72)–(75).

Пример 4. Определить координаты установки одноугловой фрезы при фрезеровании стружечных канавок развертки $d_1 = 36$ мм (диаметр заготовки $d = 37$ мм), $z = 10$, $\gamma = 0$, угол профиля канавки $\varphi = 70^\circ$, ленточка $f = 1,4$ мм, радиус закругления профиля канавки $r = 1$ мм.

Центральный угол, соответствующий дуге канавки (за вычетом ленточки), рассчитывается по формуле (76):

$$\varepsilon_f = \frac{3,14 \cdot 37/10 - 1,4}{37} \frac{360^\circ}{3,14} = 31^\circ 6'.$$

По формуле (84)

$$\psi = 70^\circ - 31^\circ 6' = 38^\circ 54'.$$

Согласно формулам (84) и (85):

$$x = 0; y = (37/2) (1 - \sin 38^\circ 54' / \sin 70^\circ) = 8,54 \approx 8,6 \text{ мм.}$$

По формулам (74) и (75):

$$\Delta x = 1 \text{ мм и } \Delta y = 0,4 \text{ мм.}$$

Координаты установки фрезы определяем по формулам (72) и (73):

$$x_f = 0 + 1 = 1 \text{ мм; } y_f = 8,6 - 0,4 = 8,2 \text{ мм.}$$

Фрезерование косых пазов. Пазаы, расположенные под некоторым углом к оси детали («косые пазаы»), фрезеруют дисковыми фрезами при установке заготовки в делительной головке под тем же углом к направлению продольной подачи стола. В ряде случаев никаких дополнительных указаний по настройке станка не требуется. Если косые пазаы прорезаются в корпусах фрез, то возникает необходимость в дополнительном условии.

При фрезеровании косого паза в корпусе под нож (зуб) фрезы необходимо обеспечить такое положение этого ножа, при котором был бы получен заданный передний

угол γ . Этот угол в каком-то произвольном сечении зуба фрезы (например, $I-I$ на рис. X.13, б) определяется в общем виде из выражения

$$\sin \gamma = x/R_{\phi}, \quad (86)$$

где x — смещение паза от вертикальной оси корпуса фрезы; R_{ϕ} — радиус фрезы.

Как видно из рис. X.18, б, смещение x изменяется от минимума x_{T1} до максимума x_{T2} ; в среднем сечении $II-II$ смещение равно x_0 . При фрезеровании пазов в корпусах фрез обычно задается x_0 , а для установки требуется знать либо x_{T1} , либо x_{T2} .

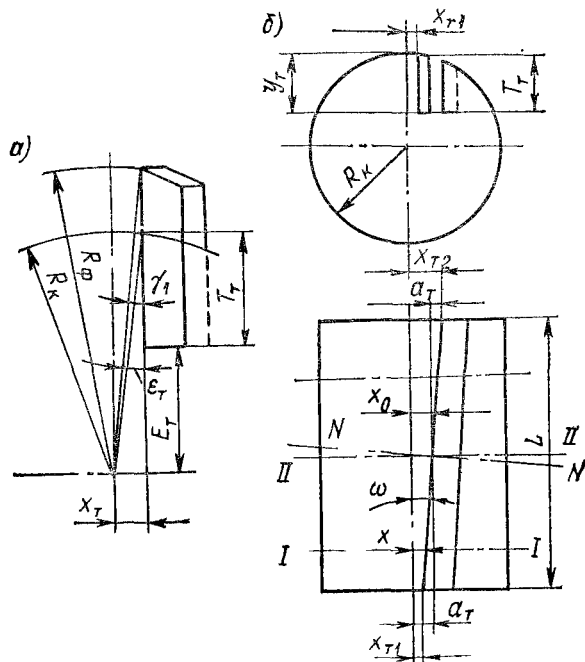


Рис. X.18.
Геометрическое построение при определении координат установки фрез для обработки косых пазов

Если заданный передний угол в среднем сечении $II-II$ обозначить γ_0 , то согласно формуле (86)

$$x_0 = R_{\phi} \sin \gamma_0,$$

а смещения в крайних точках x_T можно найти, зная x_0 и a_T :

$$x_T = x_0 \pm a_T.$$

Из рис. X.18, б видно, что $a_T = 0,5L \operatorname{tg} \omega$, тогда

$$x_T = R_{\phi} \sin \gamma_0 \pm 0,5L \operatorname{tg} \omega. \quad (87)$$

В тех случаях, когда задан не угол γ_0 , а передний угол в нормальном сечении γ_N (в сечении $N-N$), требуется пересчитать по формуле

$$\operatorname{tg} \gamma_N = \operatorname{tg} \gamma_0 \cos \omega. \quad (88)$$

Подставляя последнее выражение в формулу (87), после преобразования получим

$$x_T = R_{\phi} \sqrt{\frac{1}{(\cos \omega / \operatorname{tg} \gamma_N)^2 + 1}} \pm 0,5L \operatorname{tg} \omega. \quad (89)$$

Здесь знак «+» берется в случае, когда угол ω откладывается от оси фрезы в направлении часовой стрелки, а знак «-» против часовой стрелки.

Вертикальная координата установки дисковой фрезы y_T определяется (см. рис. X.18, а и б) по формуле

$$y_T = R_K - E_T, \quad (90)$$

где R_K — радиус корпуса фрезы; E_T — расстояние от оси до дна паза в корпусе. Для выбора диаметра фрезы нужно знать глубину паза T_T (рис. X.18, а)

$$T_T = R_K \cos \varepsilon_T - E_T. \quad (91)$$

Угол ε_T определяется из проекции на торцевую плоскость

$$\sin \varepsilon_T = x_T / R_K. \quad (92)$$

Диаметр фрезы D можно рассчитать по формуле

$$D \geq 2T_T + d_0 + (4 \div 5), \quad (93)$$

где d_0 — диаметр фрезерной оправки, мм.

Пример 5 Определить данные, необходимые для настройки станка при фрезеровании пазов в корпусе фрезы радиусом $R_\Phi = 60$ мм, $R_K = 50$ мм, $\omega = +10^\circ$, $L = 60$ мм, $\gamma_0 = 8^\circ$, $E_T = 24$ мм.

По формуле (87)

$$x_T = 60 \sin 8^\circ + 0,5 \cdot 60 \operatorname{tg} 10^\circ = 13,6 \text{ мм.}$$

По формуле (90)

$$y_T = 50 - 24 = 26 \text{ мм.}$$

По формуле (92)

$$\sin \varepsilon_T = 13,6 / 50 = 0,27200,$$

откуда по таблицам тригонометрических величин

$$\varepsilon_T = 15^\circ 47'.$$

По формуле (91)

$$T_T = 50 \cos 15^\circ 47' - 24 = 50 \cdot 0,96230 - 24 \approx 24 \text{ мм.}$$

При $d_0 = 22$ мм по формуле (93)

$$D \geq 2 \cdot 24 + 22 + 4 = 74 \text{ мм.}$$

Принимаем $D = 80$ мм.

Фрезерование клиновидных пазов. При изготовлении корпусов фрез, в частности сборных торцевых фрез, возникает необходимость фрезерования клиновидных пазов. Эта работа обычно выполняется на универсальной делительной головке, шпиндель которой может быть повернут на угол до 10° ниже горизонтальной оси и до 10° за вертикальную ось.

На рис. X.19 показана наладка, к которой прибегают при фрезеровании дисковой фрезой клиновидного паза в корпусе торцевой фрезерной головки 5. Деталь в этом случае установлена на шпинделе делительной головки 1, повернутом вокруг вертикальной оси на некоторый угол θ , равный углу уклона скошенной стенки паза (рис. X.20). Делительная головка закрепляется болтами на поворотной плите 2, которая может быть повернута вокруг оси I—I пальца 4 плиты 3, жестко закрепленной на столе. Положение оси I—I по отношению к делительной головке 1 регулируется путем смещения головки по пазам плиты 2.

Фрезерование клинового паза производится в два перехода дисковой трехсторонней фрезой шириной b (рис. X.20).

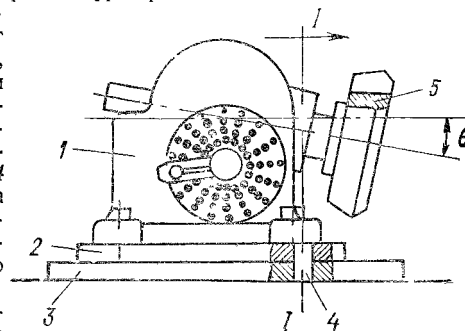


Рис. X.19.

Наладка универсальной делительной головки при фрезеровании клиновидного паза

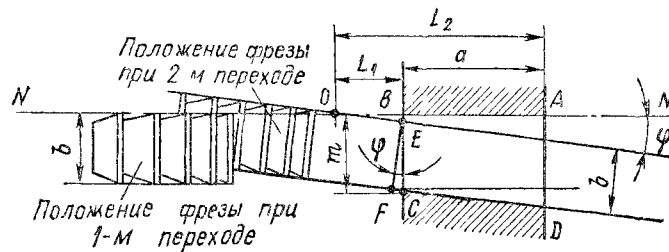


Рис. X.20.

Схема геометрических построений для наладки станка и делительной головки при фрезеровании клиновидных пазов

В 1-м переходе прорезается прямой паз; при этом окончательно формируется его стенка BA . В этом переходе ось шпинделя делительной головки должна быть установлена параллельно направлению продольной подачи стола.

Во 2-м переходе, когда формируется вторая стенка CD паза, ось делительной головки должна быть повернута вокруг оси $I-I$ на заданный угол φ . В этом случае требуется произвести настройку станка в соответствии со специальным расчетом.

Фрезерование клинового паза, заданного размерами a , m и углом φ (рис. X.20), должно вестись дисковой фрезой с ближайшей меньшей шириной по отношению к размеру m ($b < m$). В положении, показанном на рисунке, ось шпинделя делительной головки должна совпадать с плоскостью NN ; при этом один из торцов трехсторонней дисковой фрезы будет совпадать с осью обрабатываемой заготовки (с плоскостью NN).

Для 2-го перехода требуется найти определяющие настройку станка расстояния от оси $I-I$ (см. рис. X.19) до торца BC заготовки или до торца $AD-L_2$. На рис. X.20 положению оси $I-I$ соответствует некоторая точка O , расстояние от которой до торцов заготовки определяется из геометрических построений:

для цилиндрической заготовки корпуса фрезерной головки

$$L_2 = L_1 + a = (m \cos \varphi - b) / \sin \varphi + a; \quad (94)$$

для конической заготовки

$$L_2 = (m \cos \varphi - b) / \sin \varphi + a / \cos \theta, \quad (95)$$

где θ — половина угла конуса при вершине изделия и одновременно угол установки шпинделя делительной головки в вертикальной плоскости (см. рис. X.19). Найдя L_2 и L_1 , на эти расстояния смещают головку на поворотной плите.

Глава XI СЛОЖНЫЕ ФРЕЗЕРНЫЕ РАБОТЫ

XI.1. Фрезерование реек, червячных колес и червяков

Фрезерование зубчатых реек. Прямоугольные рейки целесообразно обрабатывать на широкоуниверсальных консольно-фрезерных станках. Это объясняется тем, что эти станки имеют двухповоротную шпиндельную головку, дающую возможность придать шпинделю положение, при котором его ось располагается параллельно направлению продольной подачи стола и одновременно с этим наклонно к плоскости стола.

Для фрезерования зубьев на горизонтально-фрезерном станке требуется иметь в качестве его принадлежности приставную поворотную шпиндельную головку (рис. XI.1 и XI.2), которая позволила бы придать шпинделю такое же положение, которое допускает иметь двухповоротная шпиндельная головка широкоуниверсального станка. В обоих случаях возникает задача обеспечить точный отсчет перемещений заготовки на размер шага зубьев.

Если фрезеруемая рейка коротка настолько, что позволяет использовать поперечное движение стола для отсчета перемещения заготовки на размер шага зубьев на всей ее длине, то отсчет перемещений стола на шаг может быть с достаточной точностью осуществлен по шкале индикатора, закрепленного на специальном упоре направляющих (поперечных) консоли горизонтально-фрезерного станка (например, модели 6Р82). Однако вследствие невозможности в этом случае придать шпинделю станка наклонного положения относительно плоскости стола (см. рис. XI.1) для такого способа обработки зубьев реек требуется применение не одноугловых, а профильных дисковых фрез, специально предназначенных для фрезерования реек.

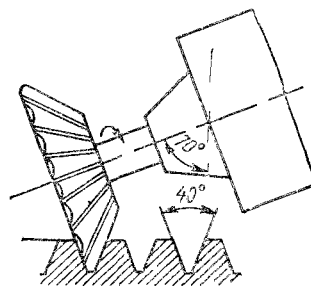


Рис. XI.1.
Фрезерование рейки одноугловой стандартной фрезой

Для длинных и точных реек имеется возможность осуществлять перемещения на размер шага зубьев с помощью универсальной делительной головки. На рис. XI.2 изображена кинематическая схема настройки станка для фрезерования зубьев прямозубой рейки 8 с использованием делительной головки 6. Шпиндель 5 головки соединен сменными колесами $z_a - z_d$ с винтом 1 продольной подачи стола 7. Движение винту подачи, а следовательно, и перемещению стола с заготовкой на требуемое расстояние передается при повороте фрезерщиком рукоятки 3 делительной головки относительно зафиксированного защелкой 2 делительного диска 4 через коническую, цилиндрическую и червячную передачи головки и гитару сменных колес¹. Задача настройки кинематической цепи в этом случае сводится к тому, чтобы найти такое число оборотов рукоятки 3, при котором стол переместился бы относительно фрезы 9 на размер шага рейки t_n . Необходимое для такой передачи передаточное отношение сменных колес гитары определяется по формуле

$$i_{см} = N t_n / (n_{с.в}) = N m n_1 (n_{с.в}), \quad (96)$$

¹ Первая шестерня гитары z_1 насажена на валик, вставленный в шпиндель делительной головки.

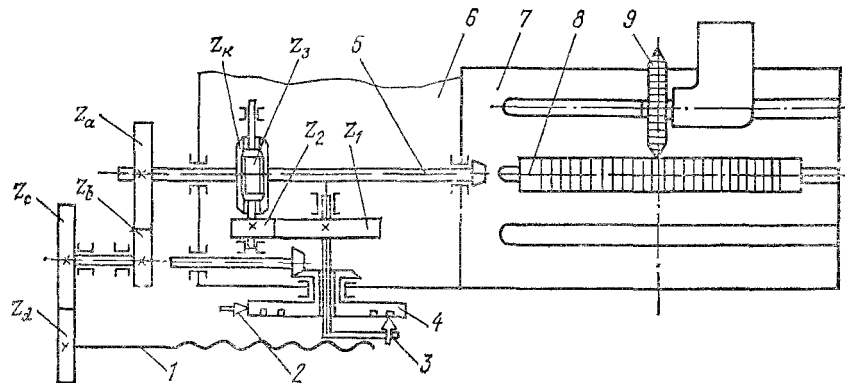


Рис. XI.2.

Кинематическая схема настройки станка для фрезерования прямозубой рейки

где N — характеристика делительной головки; m — модуль нарезаемой рейки; n — число оборотов (целое или дробное) рукоятки УДГ; $s_{х, в}$ — шаг винта продольной подачи стола.

Пример 1. Подобрать сменные зубчатые колеса для настройки станка с помощью делительной головки ($N = 40$) при фрезеровании рейки $m = 2$ мм на станке с $s_{х, в} = 6$ мм.

Принимаем $n = 12$, $\pi \approx 3,1428 \approx 22/7$. По формуле (96)

$$i_{см} = \frac{40 \cdot 2 \cdot 3,1428}{12 \cdot 6} = \frac{10}{9} \frac{22}{7} = \frac{50}{35} \frac{88}{36}.$$

Таким образом, сменные шестерни гитары будут: $z_a = 50$; $z_b = 35$; $z_c = 88$ и $z_d = 36$.

При такой настройке после прорезания каждого зуба для перемещения заготовки на размер одного шага нужно повернуть рукоятку 3 делительной головки на 12 полных оборотов.

Для косозубых реек настройку станка нужно производить с учетом угла наклона зуба рейки β . В этом случае перемещение заготовки относительно фрезы производят не на величину t_n , а на осевой шаг рейки $t_{ос}$

$$t_{ос} = t_n / \cos \beta = m\pi / \cos \beta. \quad (97)$$

На этот угол β необходимо повернуть стол универсально-фрезерного станка.

Применение специальных делительных приспособлений для перемещения заготовки на размер шага оказывается более производительным, чем использование для этой цели делительной головки.

Фрезерование прямозубых реек может осуществляться с высокими точностью и производительностью на консольно-фрезерных станках с ЧПУ, например на станке модели 6Р13Ф3 с приставной шпиндельной головкой, на которой ось шпинделя может быть расположена перпендикулярно к направлению поперечной подачи и наклонно к плоскости стола.

На рис. XI.3 для этого случая показана траектория относительного движения инструмента и заготовки в процессе фрезерования. Во всех местах изменения направления движения отмечены опорные точки, по которым задается программа. Так, точка $(x_1 y_1 z_1)$ является началом рабочего хода фрезы; точка $(x_2 y_2 z_1)$ — окончанием этого рабочего хода; точка $(x_1 y_2 z_2)$ — окончанием холостого хода, перемещающего фрезу вверх, а точка $(x_1 y_1 z_2)$ — окончанием холостого хода, возвращающего фрезу в начало фрезерования по горизонтальной плоскости.

Программа обработки достаточно проста, так как задаются только прямолинейные под прямыми углами перемещения, определяемые минимальным числом координат.

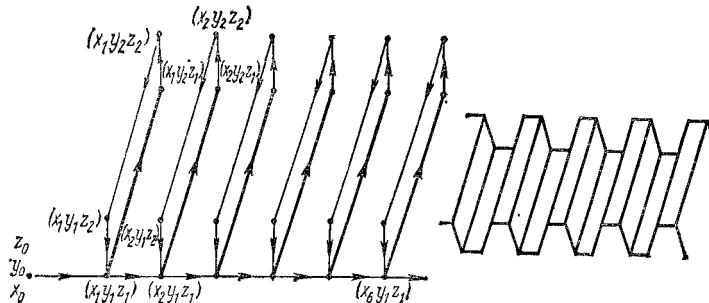


Рис. XI.3.

Траектория относительного движения инструмента при фрезеровании рейки на станке с ЧПУ

нат. В то же время процесс полностью автоматизирован, за исключением установки и снятия заготовок.

Фрезерование червячных колес и червяков. Червячные передачи могут осуществляться с тремя видами цилиндрических червяков — архимедовыми, эвольвентными и конволютными. Каждый из них различается профилем зубьев.

В осевом сечении, находящемся в диаметральной плоскости, архимедов червяк имеет прямолинейный трапециевидный профиль винтовых поверхностей (рис. XI.4, а). В этом же сечении эвольвентный червяк имеет криволинейный профиль (рис. XI.4, б). Конволютный червяк в нормальном сечении — в плоскости, перпендикулярной к винтовой линии на делительном цилиндре, — имеет прямолинейный трапециевидный профиль винтовых поверхностей (рис. XI.4, в).

По этим обстоятельствам наиболее отвечающим правильному формированию зубьев дисковой трапециевидной фрезой является конволютный червяк. Образование профиля эвольвентного червяка требует применения дисковой фрезы с криволинейным профилем. К тому же, форма кривой винтовой поверхности эвольвентного червяка меняется в зависимости от диаметра делительного цилиндра d_d (числа зубьев).

Фрезерование архимедовых червяков можно выполнять, применяя специальные дисковые фрезы трапециевидного профиля, однако с заведомыми отклонениями от теоретического профиля.

Угол, образуемый боковыми поверхностями фрезы для передач с 20-градусным углом зацепления, равен 40° , для передач с 15-градусным углом зацепления он равен 30° . В настоящее время 15-градусное зацепление не применяется, однако как широко распространенное в недавнем прошлом может еще относительно часто встречаться при выполнении ремонтных работ.

Фреза закрепляется на шпинделе накладной поворотной фрезерной головки 2, располагаемой под углом 90° относительно основного шпинделя универсального фрезерного станка (рис. XI.5, а). При установке фрезы относительно обрабатываемого червяка 1 необходимо следить за тем, чтобы вертикальная линия, проходящая через середину профиля фрезы 2 и ее ось, пересекала ось червяка (рис. XI.5, б).

Стол, на котором установлена делительная головка с заготовкой червяка 1, должен быть повернут на угол подъема винтовой линии червяка λ . Этот угол определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \lambda = tk / (\pi d_d) = \pi tk / \pi d_d, \quad (98)$$

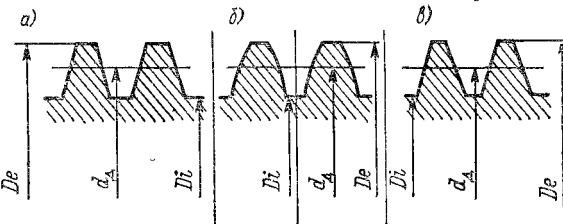


Рис. XI.4.

Профили червяков: а — архимедова в осевом сечении; б — эвольвентного в осевом сечении; в — конволютного в нормальном сечении

где t — шаг зубьев червяка (или червячного колеса в плоскости его симметрии), мм; k — число заходов червяка.

В табл. XI.1 приведены значения для поворота стола станка, равные углу λ , вычисленному для архимедовых червяков.

Для получения винтовой канавки червяка шпинделю делительной головки сообщается движение от ходового винта продольной подачи стола через гитару сменных колес (подробно см. с 199—200). Передаточное отношение гитары сменных колес определяется в этом случае по формуле

$$i_{\text{см}} = z_1 z_3 / (z_2 z_4) = N s_{\text{х. в.}} / (\pi k t). \quad (99)$$

Произведение $\pi k t$ называется ходом резьбы червяка. При расчете хода червяка необходимо учитывать, что π — число иррациональное. Поэтому подбирают такое отношение чисел зубьев сменных колес, которое давало бы минимальную погрешность при подсчете набора сменных колес. В табл. XI.2 приведены примеры приближенного подбора сменных колес по получающемуся при этом соотношению чисел; там же указаны погрешности при таком приближенном подборе.

При фрезеровании многозаходных червяков деление на заходы осуществляется методом непосредственного деления или методом простого деления.

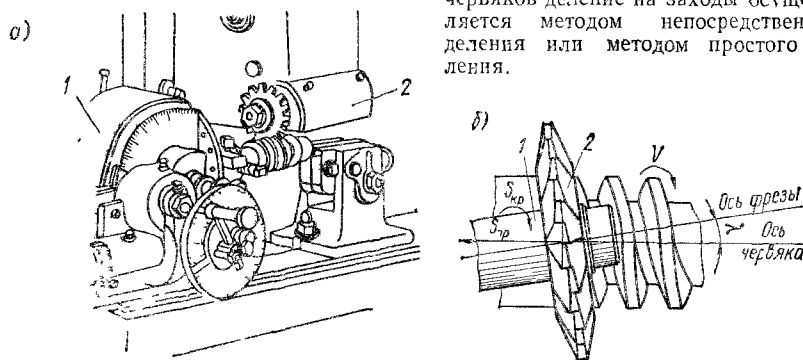


Рис. XI.5.
Фрезерование червяка

При очень малых углах подъема винтовой линии червяка передаточное отношение сменных колес получается настолько большим, что передача движения от ходового винта шпинделя делительной головки происходит толчками.

В случаях, когда вообще не удастся установить набор сменных колес, соответствующий данному передаточному отношению, расцепляют червяк с червячным колесом делительной головки и соединяют винт продольной подачи станка и шпиндель делительной головки посредством сменных зубчатых колес, последнее из которых устанавливается на конце валика, закрепленного в шпинделе головки. Передаточное отношение этих колес

$$i = \pi k t / s_{\text{х. в.}} \quad (100)$$

При такой настройке станка несколько усложняется операция поворота шпинделя головки при фрезеровании многозаходных червяков, так как при этом приходится расцеплять шестерни гитары. В целях получения винтовых поверхностей с малой шероховатостью фрезерование ведут с попутной подачей (рис. XI.5, б).

Пример 2. Требуется настроить станок для фрезерования дисковой фрезой червяка с модулем $m = 10$, числом заходов $k = 3$, диаметром начальной окружности $d_f = 100$ мм. Характеристика фрезерного станка $A = 240$.

1. По формуле (99) определяем передаточное отношение и подбираем сменные зубчатые колеса

$$i_{\text{см}} = z_1 z_3 / (z_2 z_4) = A / (3,14 \cdot 3 \cdot 10) = 240 / 94,2 \approx 85,45 / (30 \cdot 50).$$

Фактический ход резьбы червяка при данном наборе сменных шестерен получается равным 94,118 мм. Погрешность хода равна разности между требуемым ходом и фактически получаемым, т. е. $94,2 - 94,118 = 0,082$ мм.

Таблица XI.1

Углы поворота стола универсально-фрезерного станка при фрезеровании червяков (архимедовых)

Модуль	Диаметр делительного цилиндра червяка $d_{ц}$, мм	Число заходов червяка k			
		1	2	3	4
1	28	2° 02'	4° 05'	6° 06'	8° 07'
	20	2° 51'	5° 42'	8° 31'	11° 18'
	14	4° 05'	5° 07'	12° 05'	15° 56'
	9	6° 20'	12° 31'	18° 26'	23° 57'
1,5	42	2° 02'	4° 05'	6° 06'	8° 07'
	30	2° 51'	5° 42'	8° 31'	11° 18'
	21	4° 05'	8° 07'	12° 05'	15° 56'
	13,5	6° 20'	12° 31'	18° 26'	23° 57'
2	52	2° 12'	4° 23'	6° 34'	8° 44'
	38	3° 00'	6° 00'	8° 58'	11° 53'
	26	4° 23'	8° 44'	12° 59'	17° 06'
	18	6° 20'	13° 31'	18° 26'	23° 57'
2,5	60	2° 23'	4° 45'	7° 07'	9° 27'
	45	3° 10'	6° 20'	9° 27'	12° 31'
	30	4° 45'	9° 27'	14° 02'	18° 26'
	20	7° 07'	14° 02'	20° 33'	26° 33'
3	66	2° 36'	5° 11'	7° 45'	10° 18'
	51	3° 21'	6° 42'	10° 00'	13° 14'
	36	4° 45'	9° 27'	14° 02'	18° 26'
	24	7° 07'	14° 02'	20° 33'	26° 33'
4	76	3° 00'	6° 00'	8° 58'	11° 53'
	60	3° 48'	7° 35'	11° 18'	14° 55'
	44	5° 11'	10° 18'	15° 15'	19° 58'
	28	8° 07'	15° 56'	23° 11'	—
5	90	3° 10'	6° 20'	9° 27'	12° 31'
	70	4° 05'	8° 07'	12° 05'	15° 56'
	50	5° 42'	11° 18'	16° 41'	21° 43'
	35	8° 07'	15° 56'	23° 11'	—
6	102	3° 21'	6° 42'	10° 00'	13° 14'
	78	4° 23'	8° 44'	12° 59'	17° 06'
	54	6° 20'	12° 31'	18° 26'	23° 57'
	42	8° 07'	15° 56'	23° 11'	—
8	120	3° 43'	7° 35'	11° 18'	14° 55'
	88	5° 11'	10° 18'	15° 15'	19° 58'
	64	7° 07'	14° 02'	20° 33'	26° 33'
	48	9° 27'	18° 26'	26° 33'	—
10	150	3° 48'	7° 35'	11° 18'	14° 55'
	110	5° 11'	10° 18'	15° 15'	19° 58'
	80	7° 07'	14° 02'	20° 33'	26° 33'
	60	9° 27'	18° 26'	26° 33'	—
13	195	3° 48'	7° 35'	11° 18'	14° 55'
	143	5° 11'	10° 18'	15° 15'	19° 58'
	104	7° 07'	14° 02'	20° 33'	26° 33'
	78	9° 27'	18° 26'	26° 33'	—

Продолжение табл. XI.1

Модуль	Диаметр делительного цилиндра червяка d_d , мм	Число заходов червяка k			
		1	2	3	4
16	240	3° 48'	7° 35'	11° 18'	14° 55'
	176	5° 11'	10° 18'	15° 15'	19° 58'
	128	7° 07'	14° 02'	20° 33'	26° 33'
	96	9° 27'	18° 26'	26° 33'	—
20	300	3° 48'	7° 35'	11° 18'	14° 33'
	220	5° 11'	10° 18'	15° 15'	19° 58'
	160	7° 07'	14° 02'	20° 33'	26° 33'
	120	9° 27'	18° 26'	26° 33'	—

2. По формуле (35) определяем число оборотов рукоятки при простом делении

$$n = \frac{40}{k} = \frac{40}{3} = 13 \frac{1}{3} = 13 \frac{11}{13}.$$

Выбираем делительный круг с 33 отверстиями. Поворот рукоятки осуществляется на 13 полных оборотов и на 11 промежутков (шагов) между отверстиями делительного круга.

3. Для определения угла поворота стола найдем угол подъема винтовой канавки червяка по формуле (98)

$$\operatorname{tg} \lambda = 10 \cdot 3 / 100 = 0,3,$$

откуда угол поворота стола $\lambda = 16^\circ 42'$.

Фрезерование червячных колес. На универсально-фрезерных станках возможно фрезерование червячных колес дисковыми модульными фрезами с использованием делительной головки для выполнения деления на число зубьев (см, гл. IX). В этом случае фрезерование осуществляется с радиальной подачей. При радиальной подаче возникают, однако, подрезания δ_1 , δ_{11} вершины зубьев (рис. XI.6)¹, которые возрастают с увеличением угла подъема винтовой линии витков червяка и отклонения диаметра модульной фрезы в сторону увеличения от диаметра червяка данной червячной пары. По этим обстоятельствам не рекомендуется прибегать к такому способу обработки червячных колес с углом подъема более $6-8^\circ$. Для выбора модульных дисковых фрез используются их наборы (табл. XI.2).

Таблица XI.2

Данные для подбора сменных колес при фрезеровании червяков (архимедовых)

Отношение чисел	Погрешность, мм	Отношение чисел	Погрешность, мм
$\frac{2 \cdot 1}{113} = 3,141529$	0,0000	$\frac{19 \cdot 21}{127} = 3,141732$	0,000140
$\frac{13 \cdot 29}{4 \cdot 30} = 3,141667$	0,00075	$\frac{32 \cdot 27}{25 \cdot 11} = 3,141818$	0,000226
$\frac{8 \cdot 97}{13 \cdot 19} = 3,141700$	0,000108	$\frac{2 \cdot 2}{7} = 3,142857$	0,001265
$\frac{25 \cdot 47}{22 \cdot 17} = 3,141711$	0,000119		

¹ Подрезание δ_1 образуется в конце правой винтовой поверхности, а δ_{11} — в начале левой, если червяк имеет правое направление зубьев.

Наборы дисковых модульных фрез

Номер фрезы	Число зубьев нарезаемых колес	Номер фрезы	Число зубьев нарезаемых колес	Номер фрезы	Число зубьев нарезаемых колес
Комплекты из 8 фрез		Комплекты из 15 фрез			
1	12, 13	1	12	5	26—29
2	14—16	1 1/2	13	5 1/2	30—34
3	17—20	2	14	6	35—41
4	21—25	2 1/2	15, 16	6 1/2	42—54
5	26—34	3	17, 18	7	55—79
6	35—54	3 1/2	19, 20	7 1/2	80—134
7	55—134	4	21, 22	8	135 — рейка
8	135 — рейка	4 1/2	23—25		

Следует заметить, что дисковой модульной фрезой производят лишь предварительное нарезание. Для окончательного нарезания зубьев червячных колес на фрезерных станках используются специальные червячные фрезы. Размеры и параметры таких фрез должны полностью совпадать со всеми размерами и параметрами червяка, зацепляющегося с данным червячным колесом. Однако и в этом случае такой способ не дает хороших результатов — отличается низкой производительностью. К нему прибегают лишь в случае отсутствия специальных зуборезных станков.

Для предварительного нарезания червячного колеса модульную фрезу с диаметром, близким (несколько меньшим) или равным диаметру цилиндра выступов червяка, устанавливают на оправке в шпиндель станка таким образом, чтобы она находилась примерно на середине стола станка в его среднем положении на поперечных направляющих. В свою очередь, червячное колесо закрепляется на оправке или в самоцентрирующем патроне на шпинделе УДГ, а стол станка поворачивается на угол λ подъема винтовой линии червяка. Затем путем установочных продольных, поперечных и вертикальных перемещений стола червячное колесо ставится в такое положение, при котором ось фрезы пересекала бы ось червячного колеса в плоскости его симметрии, а фреза вершиной своего самого нижнего зуба касалась точки a (рис. XI.6). Далее включают вращение шпинделя станка и вертикальную рабочую подачу.

Глубину фрезерования — длину вертикального рабочего хода — назначают исходя из расстояния a_0 между осями червяка и червячного колеса в состоянии их зацепления, оставляя по этому размеру некоторый припуск (0,3—0,4 мм) на окончательную обработку. Это расстояние определяется по формуле

$$a_0 = (d_d + D_i)/2, \quad (101)$$

где D_i — диаметр начальной окружности червячного колеса.

Окончательная обработка червячного колеса производится с помощью специальной червячной фрезы. Стол станка возвращается в свое нормальное положение, а оправка с заготовкой червячного колеса устанавливается на центрах УДГ и ее задней бабки, не закрепляясь. Зубья фрезы при неподвижном шпинделе вводятся во впадины предварительно обработанных зубьев колеса, после чего включают вращение шпинделя на одной из низких частот вращения. Убедившись в удовлетворительном зацеплении заготовки с фрезой и равномерном вращении заготовки, увеличивают частоту вращения шпинделя станка до обеспечивающей рабочую скорость резания. Затем осуществляют ручную вертикальную подачу, продолжаемую до удаления оставленного припуска, т. е. до достижения расчетного значения a_0 . Завершив подачу, выполняют некоторую паузу в подаче — производят работу без подачи. За время этой паузы устраняются отклонения обработки, вызванные упругими отжатами. При таком способе обработки можно достичь удовлетворительных результатов.

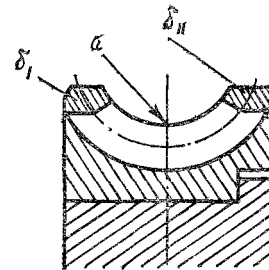


Рис. XI.6.

Подрезание зубьев червячного колеса с углом подъема более $6-8^\circ$ при радиальной подаче

Х1.2. Фрезерование шлицевых валов, кулачковых и зубчатых муфт

Фрезерование шлицевых валов. Наиболее производительным способом обработки шлицевых валов является фрезерование их методом обкатки червячной фрезой с зубьями специального профиля. Выполнение этой операции ведется на специальных шлицефрезерных полуавтоматах или зубофрезерных станках, которые должны иметь возможность вести обработку с отношением частоты вращения заготовки к частоте вращения фрезы 1 : 6 (для шестишлицевых валов), притом частота вращения фрезы соответствует требуемой скорости резания. Однако в мелкосерийном и единичном производствах, особенно при ремонтных работах, часто возникает необходимость осуществить обработку различных шлицевых валов на горизонтально-фрезерных станках. Заготовка при этом устанавливается между центрами УДГ и ее задней бабки. С помощью головки производится деление на шесть или восемь частей в соответствии с типом шлицевого вала.

Многошлицевое соединение на валу имеет посадочный диаметр D (рис. Х1.7, а), который должен находиться в поле допуска $h6$ или $h8$, шпоночные выступы делаются в поле допуска $g6$ или $e8$, угол α тоже закрывается допуском. Поверхности, определяющие выполнение этих требований, должны обрабатываться с особой тщательностью.

В первом переходе фрезерование может вестись набором из двусторонних дисковых фрез 1 (рис. Х1.7, б). Здесь окончательной обработке подвергаются выступы по размеру $Ш$ и определяются углы между ними. Установка фрез набора на размер $Ш$ должна контролироваться с учетом торцевого биения, тогда как их наружные диаметры могут отклоняться друг от друга на 0,25—0,3 мм. Во втором переходе (рис. Х1.7, в) дисковой фасонной (под радиус $D/2$) частозубой фрезой 2 обрабатываются на чисто посадочные поверхности на размер диаметра D . Чтобы не допустить смещения их относительно оси вала (радиальное биение), снятие всего диаметрального припуска с достижением размера в пределах поля допуска производится с одновременной вертикальной ручной подачей (по лимбу или индикаторному упору) на все шесть в рассматриваемом случае шлицев.

Если фрезерование шлицев ведется с припуском под последующее их шлифование на специальном шлицешлифовальном станке, то во втором переходе применяется дисковая фреза 2 со специальным профилем зубьев, которая одновременно с обработкой под шлифование поверхностей диаметром D образует канавки, предназначенные для «выхода» шлифовального круга.

Эту же обработку можно осуществить и за один переход с помощью фасонной фрезы 3 (рис. Х1.7, г), но только под последующее шлифование, так как выполнить в этом случае технические условия на окончательную обработку практически становится невозможным.

Фрезерование кулачковых муфт. На рис. Х1.8, а, б изображены муфты, соединяющиеся впадинами и выступами прямоугольной и трапецидальной форм на торцах. Такие муфты принято называть кулачковыми. Рабочие поверхности выступов и впадин (кулачков) расположены в диаметральных плоскостях.

Кулачковые муфты прямоугольного профиля обрабатываются со стороны рабочего торца концевыми или дисковыми трехсторонними фрезами. Заготовка полу-муфты¹ закрепляется в трехкулачковом патроне на шпинделе УДГ или насаживается на конькольную оправку, конический хвостовик которой входит в конусное гнездо шпинделя. Оси шпинделя УДГ придается фиксированное вертикальное положение. Диаметр концевой фрезы или ширина дисковой трехсторонней фрезы должны быть равными наименьшей ширине впадины. Чтобы рабочие поверхности расположились в диаметральных плоскостях, образующий цилиндр концевой фрезы или торцевая поверхность дисковой фрезы, которая обращена к рабочей поверхности, должны занять положение строго по центру заготовки. На рис. Х1.9, а показан способ такой установки концевой фрезы 1 по вершине конуса центра 3 в шпинделе УДГ, а на рис. Х1.9, б — установки дисковой фрезы 2 также по вершине центра 3. Однако такой способ не гарантирует точного совмещения с центром заготовки. Для достижения более высокой степени точности применяется так называемый габарит 1 (рис. Х1.9, в), вставленный в коническое отверстие шпинделя. Положение фрезы в диаметральной

¹ Полу-муфтой называется та или другая половинка муфты, состоящей из двух частей.

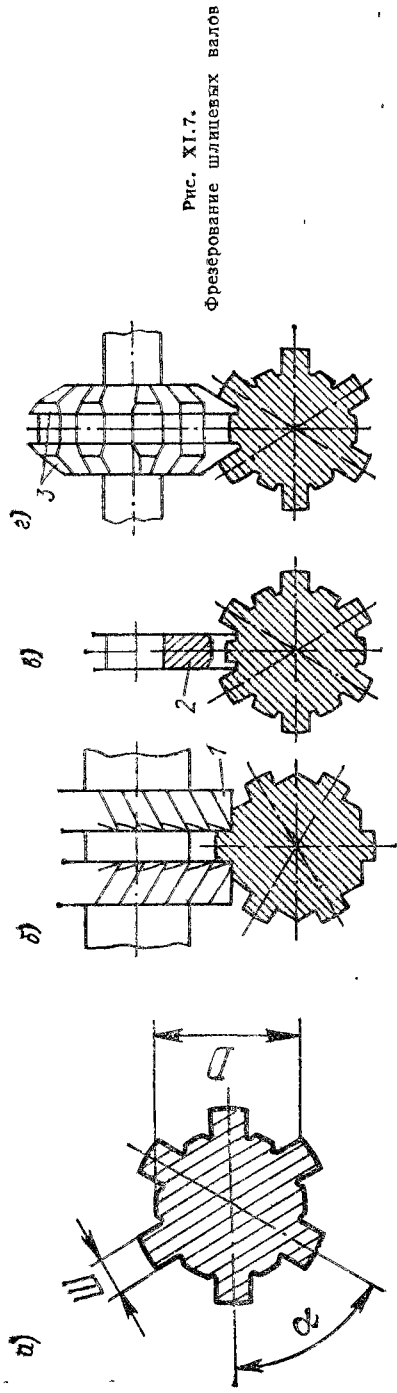


Рис. XI.7.
Фрезерование шлицевых валов

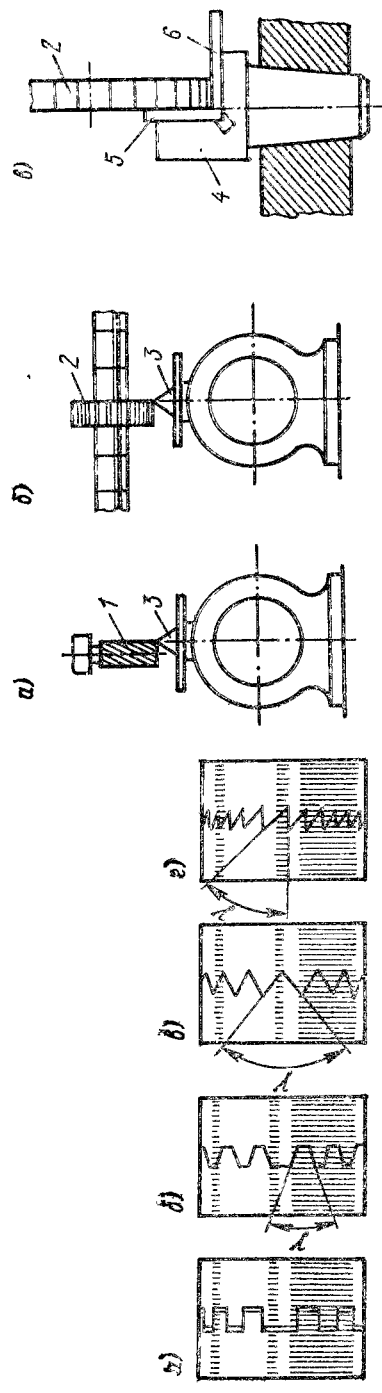


Рис. XI.8.
Установка фрез в диаметральной плоскости кулачковых муфт

Рис. XI.9.
Формы кулачковых прямоугольных (а), трапецидальных (б) и зубчатых остроконечных радиосторонних (в), упорных (г) муфт

плоскости определяется безззорным контактом мерного щупа 5 с поверхностью габарита 4 и фрезы 2. Глубину фрезерования можно установить по этому же габариту с помощью щупа 6. После установки фрезы центр или габарит удаляется, освобождая место для патрона и заготовки.

На рис. XI.10 приведены схемы фрезерования кулачковых муфт как прямоугольного, так и трапецидального профиля; стрелками показаны направления подачи; цифрами обозначен порядок выполнения переходов. Ширина и длина обрабатываемых за каждый переход поверхностей показаны соответствующими параллельными линиями.

Из рис. XI.10, а видно, что впадины фрезеруют дисковой или концевой фрезой, у которых ширина или диаметр не превышают наименьшей ширины a впадины. За каждый рабочий ход (1, 2 и 3) обрабатывается одна сторона каждой из двух противоположных впадин. Число рабочих ходов фрезы и соответственно поворотов муфты равно числу выступов (или впадин). Таким образом, трехкулачковую муфту фрезеруют за три рабочих хода, пятикулачковую — за пять рабочих ходов и т. д.

При обработке муфт с четным числом выступов сквозной рабочий ход фрезы невозможен, и впадины фрезеруют только с одной стороны дисковой (или торцевой) фрезой, имеющей ширину (или диаметр), также не превышающую ширину впадины a_1 (рис. XI.10, б). Из этой схемы видно, что в данном случае за каждый рабочий ход фрезы обрабатывается только одна сторона каждой впадины. Таким образом оказывается, что число рабочих ходов фрезы и число поворотов шпинделя делительной головки вдвое больше числа кулачков муфты. Обработка муфты производится в две позиции. Переход ко второй позиции осуществ-

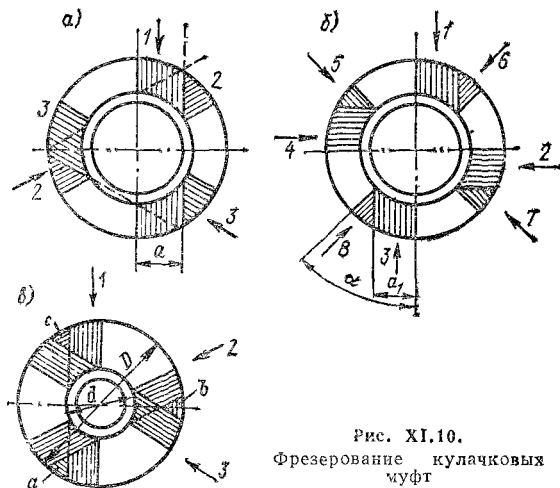


Рис. XI.10.
Фрезерование кулачковых муфт

ляется поперечным перемещением стола. В первой позиции фреза работает правой стороной (проходы 1, 2, 3 и 4); во второй — левой стороной (проходы 5, 6, 7 и 8).

Приведенные схемы справедливы только в тех случаях, когда диаметр отверстия d и наружный диаметр D муфты связаны соотношением

$$d \geq 0,57D. \quad (102)$$

Во всех других случаях после фрезерования впадины в них останутся необработанными участки a, b, c (рис. XI.10, в) и для их удаления, как при фрезеровании муфт с четным, так и с четным числом кулачков, потребуются дополнительный проход фрезы.

Кулачковые муфты с трапецидальными зубьями (см. рис. XI.8, б) обычно имеют нечетное число кулачков и угол наклона боковой стороны профиля к оси $\alpha = 8^\circ$. Кулачки этих муфт фрезеруют фасонными фрезами, профиль которых выполнен по профилю впадины муфты. Установка фрезы и схемы фрезерования в этом случае совпадают с установкой и схемами обработки кулачковых муфт с прямоугольными зубьями.

Фрезерование зубчатых муфт. Зубчатые муфты выполняются с остrokонечными равносторонними зубьями (см. рис. XI.8, в) и с упорными зубьями (рис. XI.8, г). При фрезеровании этих муфт фреза должна быть установлена точно по оси симметрии (по центру) заготовки.

Зубчатые муфты с остrokонечными равносторонними зубьями фрезеруются двухугловыми фрезами с углом при вершине $\varphi = \theta$ (рис. XI.11). Если фрезеровать такую муфту при вертикальном расположении шпинделя делительной головки, то зубья

полумуфт будут соприкасаться друг с другом лишь по части их поверхности, главным образом у наружной окружности муфты, и иметь зазоры на стороне зубьев, обращенной ближе к ее центру. Чтобы обеспечить равномерное соприкосновение зубьев полумуфт в сборе, шпindel делительной головки нужно установить не вертикально, а под некоторым углом наклона. На правильно фрезерованной полумуфте контакт ее с другой полумуфтой будет проходить по боковой поверхности зубьев.

На рис. XI.11 изображена схема установки фрезы относительно обрабатываемой заготовки при фрезеровании зубьев. Как видно, шпindel делительной головки в этом случае располагается под углом $\theta \neq 90^\circ$ так, что дно впадины зуба муфты оказывается параллельным плоскости стола станка.

Угол наклона шпинделя делительной головки определяется из выражения

$$\cos \theta = \operatorname{ctg} (\epsilon/2) \operatorname{tg} (180^\circ/z), \quad (103)$$

где θ — угол наклона шпинделя делительной головки, ...°; z — число зубьев муфты; ϵ — угол между сторонами профиля зубьев, ...°. В частном случае при $\epsilon = 90^\circ$

$$\cos \theta = \operatorname{tg} (180^\circ/z). \quad (104)$$

В табл. XI.4 приводятся значения углов наклона шпинделя делительной головки для часто встречающихся в практике значений ϵ и z муфты.

Зубчатые муфты с упорными зубьями (см. рис. XI.8, а) фрезеруются одноугловыми фрезами (см. на рис. XI.11 справа). Схема установки заготовки относительно фрезы полностью тождественна предыдущей. Угол наклона шпинделя УДГ определяется из выражения

$$\cos \theta = \operatorname{ctg} \epsilon \operatorname{tg} (360^\circ/z). \quad (105)$$

В табл. XI.5 приводятся значения углов наклона шпинделя УДГ для часто встречающихся в практике значений ϵ и z муфты.

Таблица XI.4
Углы (θ , ...°) наклона шпинделя делительной головки при фрезеровании зубчатых муфт с остроконечными равносторонними зубьями

Число зубьев муфты z	Угол между сторонами профиля зубьев ϵ , ...°			Число зубьев муфты z	Угол между сторонами профиля зубьев ϵ , ...°		
	60	75	90		60	75	90
8	44	57	65,5	30	79,5	82	84
9	50,5	61,5	68,5	31	79,5	82,5	84
10	55,5	65	71	32	80	82,5	84
11	59,5	67	73	33	80,5	82,5	84,5
12	62	69,5	74,5	34	80,5	83	84,5
13	64,5	71	75,5	35	81	83	84,5
14	66,5	72,5	76,5	36	81	83,5	85
15	68	73,5	77,5	37	81,5	83,5	85
16	69,5	75	78,5	38	81,5	83,5	85
17	71	76	79	39	82	84	85
18	72	76,5	80	40	82	84	85,5
19	73	77,5	80,5	41	82	84	85,5
20	74	78	81	42	82,5	84	85,5
21	74,5	78,5	81	43	82,5	84,5	85,5
22	75	79	81,5	44	83	84,5	85
23	76	79,5	82	45	83	84,5	86
24	76,5	80	82,5	46	83	85	86
25	77	80,5	82,5	47	83	85	86
26	78	81	83	48	83,5	85	86
27	78	81	83	49	83,5	85	86,5
28	78,5	81,5	83,5	50	83,5	85	86,5
29	79	82	83,5				

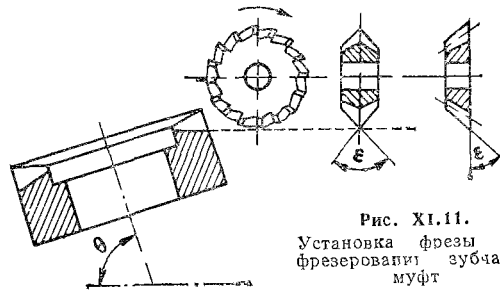


Рис. XI.11.
Установка фрезы при фрезеровании зубчатых муфт

Таблица XI.5

Углы (θ , ...°) наклона шпинделя УДГ при фрезеровании зубчатых муфт с пилообразными зубьями

Число зубьев муфты z	Угол между сторонами профиля зубьев θ , ...°			Число зубьев муфты z	Угол между сторонами профиля зубьев θ , ...°		
	60	70	80		60	70	80
8	54,5	68,5	79,5	30	93	85,5	87,5
9	61	72	81,5	31	83	85,5	88
10	65	74,5	82,5	32	83,5	85,5	88
11	68	76,5	83,5	33	83,5	86	88
12	70,5	78	84	34	83,5	86	88
13	72,5	79	84,5	35	84	86	88
14	74	80	85	36	84	86	88
15	75	80,5	85,5	37	84	86,5	88
16	76	81	85,5	38	84,5	86,5	88
17	77	82	86	39	84,5	86,5	88
18	78	82	86	40	84,5	86,5	88,5
19	78,5	82,5	86,5	41	85	86,5	88,5
20	79	83	86,5	42	85	86,5	88,5
21	79,5	83,5	87	43	85	87	88,5
22	80	83,5	87	44	85	87	88,5
23	80,5	84	87	45	85	87	88,5
24	81	84,5	87	46	85,5	87	88,5
25	81,5	84,5	87,5	47	85,5	87	88,5
26	81,5	85	87,5	48	85,5	87	88,5
27	82	85	87,5	49	85,5	87	88,5
28	82,5	85	87,5	50	85,5	87,5	88,5
29	82,5	85,5	87,5				

XI.3. Фрезерование плоских криволинейных контуров и кулачков барабанного типа

Плоские криволинейные контуры часто применяются в машиностроении в качестве рабочих поверхностей различных деталей. Примером могут служить дисковые кулачки токарных и токарно-револьверных автоматов и полуавтоматов. Криволинейные поверхности на заготовках этих изделий выполняются на фрезерных станках методами копирования, специально настраиваемых кинематических цепей и при помощи числового программного управления.

Фрезерование кулачков с рабочим профилем по архимедовой спирали. На рис. XI.12, а сплошной линией показан дисковый кулачок, рабочий профиль которого представляет собой один полный виток архимедовой спирали. В данном случае участок 1—2 определяет шаг спирали H , соответствующий полной окружности.

На рис. XI.12, б показан другой дисковый кулачок, рабочая часть профиля которого образована двумя спиралями. Спираль 1—2 охватывается центральным углом φ_1 , а спираль 3—4 — центральным углом φ_2 . Участки профиля 1—4 и 2—3 выполняются по кривым линиям, специально построенным для подъемов и спадов кулачков.

Расстояния h_1 и h_2 , характеризующие участки спиралей, называются подъемами спиралей, соответствующими центральным углам φ_1 и φ_2 .

Если известен подъем спирали h и соответствующий ему центральный угол φ , то шаг спирали H (мм), отнесенный к полной окружности, можно определить из формулы

$$H = 360^\circ h / \varphi. \quad (106)$$

Очень часто центральный угол, охватывающий спиральный участок, выражают не в градусах, а в сотых долях полной окружности, т. е. при построении профиля кулачка из его центра проводят не 360 (360°), а 100 лучей. Тогда формула (106) принимает вид

$$H = h100/n, \quad (107)$$

где h — подъем спирали на участке, содержащем n лучей (или сотых долей полной окружности); n — число лучей (сотых долей окружности), занимаемых кривой.

При отсутствии специального высокопроизводительного оборудования кулачки, подобные изображенным на рис. XI.12, можно фрезеровать на консольном фрезерном станке с помощью УДГ. Фрезерование производится при вертикальном или наклонном расположении шпинделя делительной головки концевыми фрезами, установленными (в большинстве случаев) в поворотной шпиндельной головке широкоуниверсального фрезерного станка.

На рис. XI.13 показаны два случая фрезерования кулачка, заготовка которого закреплена в шпинделе УДГ 4. Концевая фреза 2 закреплена либо непосредственно в шпинделе вертикально-фрезерного станка (рис. XI.13, а), либо в шпинделе поворотной фрезерной головки, установленной на горизонтально-фрезерном станке (рис. XI.13, б). Вращение шпинделю делительной головки передается через гитару сменных шестерен z_1 — z_4 от ходового винта 1. Кинематическая цепь, связывающая станок с заготовкой 3, обеспечивает передачу последнего сложного движения, в результате которого фреза воспроизводит на детали кривую.

Расчетная формула настройки делительной головки определяется из условия кинематического баланса, т. е. одному полному обороту шпинделя головки должно соответствовать перемещение стола станка, равное шагу архимедовой спирали H . При вертикальном положении шпинделя делительной головки настройка гитары сменных шестерен, обеспечивающая выполнение этого условия, выражается формулой

$$i_{CM} = A/H. \quad (108)$$

Если данная спираль задана не шагом H , а подъемом h на некотором участке, то для определения i_{CM} по формуле (108) необходимо предварительно определить H из формулы (106) или (107).

При малых значениях H ведущие сменные шестерни z_1 и z_3 получаются настолько большими, что передача вращения от винта стола к шпинделю делительной головки становится невозможной. Поэтому кулачки с такими спиралями обрабатываются

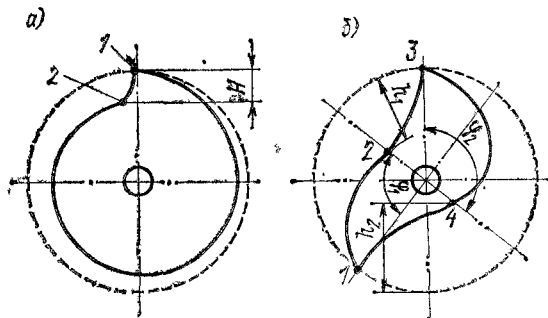


Рис. XI.12. Дискные кулачки с профилями по архимедовым спиральям

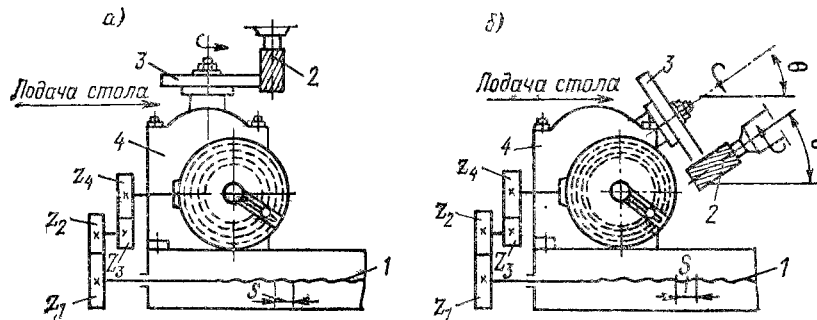


Рис. XI.13. Фрезерование дискных кулачков в делительных головках

с наклонным расположением шпинделя (рис. XI.13, б). В этом случае передаточное отношение сменных шестерен определяется по формуле

$$i_{см} = A \sin \theta / H. \quad (109)$$

Нередко прибегают к такому практическому приему. При необходимости обработки плоского кулачка со сравнительно малым значением шага H устанавливают сменные зубчатые колеса для фрезерования спиральной канавки с некоторым произвольным шагом H' , шпиндель делительной головки и фрезу располагают по отношению к направлению продольной подачи под углом θ , значение которого рассчитывается по формуле

$$\sin \theta = H/H'. \quad (110)$$

Такой прием оказывается удобным в связи с тем, что, установив сменные зубчатые шестерни для фрезерования спирали с произвольным шагом H' , можно обработать весь кулачок, не меняя шестерен гитары, а лишь изменяя положения шпинделя делительной головки и фрезы при переходе от одного участка кулачка к другому.

Если участок спиральной поверхности на кулачке задан подъемом h , то углы наклона шпинделя головки и фрезы определяются:

1) для случая, когда спиральный участок выражен центральным углом,

$$\sin \theta = 360^\circ h / (\varphi H'); \quad (111)$$

2) для случая, когда этот участок спиральной поверхности выражен в сотых долях полной окружности,

$$\sin \theta = 100h / (nH'). \quad (112)$$

На рис. XI.13, б фреза 2 неслучайно расположена снизу от кулачка 3. Такое ее расположение обеспечивает лучший отвод стружки и более низкую шероховатость обработанной поверхности.

Для выбора режущей части фрезы необходимо руководствоваться следующим: по мере углубления фрезы в металл она снимает стружку все новыми участками лезвий по их длине, поэтому длина режущей части фрезы должна быть больше толщины кулачка, т. е.

$$L = a + h \sin \theta + 10, \quad (113)$$

где a — толщина кулачка, мм; 10 — запас, учитывающий возможные погрешности установки фрезы, мм.

В целях ускорения обработки кулачков обычно прибегают к разметке контура под предварительное фрезерование, ориентируясь по которой, затем удаляют избыточный объем металла, образованный круглой формой обточенной заготовки.

Пример 3. Настроить станок для фрезерования архимедовой спирали на кулачке (толщиной 10 мм) с подъемом спирали $h = 32$ мм на участке, соответствующем центральному углу $\varphi = 200^\circ$. Характеристика станка $A = 240$.

1. По формуле (106)

$$H = 360 \cdot 32 / 200 = 57,6 \text{ мм.}$$

2. Произвольно принимаем шаг спирали $H' = 60$ мм и для фрезерования устанавливаем сменные шестерни, рассчитывая их по формуле (108):

$$i_{см} = A/H' = 240/60 = 100/40 \cdot 80/50.$$

3. По формуле (111) находим угол наклона шпинделя делительной головки и фрезы

$$\sin \theta = 360 \cdot 32 / (200 \cdot 60) \approx 0,96,$$

откуда по таблице тригонометрических функций находим угол $\theta = 74^\circ$.

4. Определяем длину режущей части фрезы по формуле (113)

$$L = 10 + 32 \cdot 0,96 + 10 \approx 51 \text{ мм.}$$

Пример 4. Настроить станок (характеристика $A = 240$) для фрезерования замкнутого криволинейного паза прямоугольного сечения на торце диска (рис. XI.14). Как видно из чертежа, паз кулачка состоит из двух архимедовых спиралей, сопряженных с другими кривыми. Спираль K имеет подъем $h = 63,42$ мм в пределах цент-

рального угла $\varphi = 169^\circ 12'$; вторая спираль M имеет подъем $h = 62,21$ мм при угле $\varphi = 104^\circ 24'$.

1. При обработке паза закрепим заготовку кулачка на оправке в шпинделе делительной головки, а в шпинделе накладной фрезерной головки закрепляется концевая фреза Φ диаметром, равным ширине паза. Шпиндель головки и концевая фреза располагаются вертикально (см. рис. XI.13, а).

2. По формуле (106) определяем шаг спирали:

на участке K

$$H = 360^\circ \cdot 63,42 / 139^\circ 12' = 135,04 \text{ мм};$$

на участке M

$$H = 360^\circ \cdot 62,21 / 104^\circ 24' = 214,76 \text{ мм}.$$

3. По формуле (108) определяем передаточное отношение сменных шестерен: для спирали K

$$i_{\text{см}} = \frac{240}{135,04} \approx \frac{80}{45} \approx \frac{8 \cdot 10}{9 \cdot 5} = \frac{80}{90} \frac{100}{50};$$

для спирали M

$$i_{\text{см}} = 240 / 214,76 = 50 / 56 = 25 / 28.$$

При отсутствии в наборе шестерни с $z = 28$ потребуется ее изготовить.

В целях упрощения расчетов при настройке станка для обработки кулачков с профилем по архимедовой спирали в табл. XI.6 приведены значения углов наклона шпинделя делительной головки θ и обозначения набора сменных шестерен. В табл. XI.7 даны значения чисел зубьев шестерен, соответствующих обозначению набора, указанного в табл. XI.6.

Для настройки станка необходимо: а) определить значение шага H по формуле (106) или (107); б) значение угла θ по табл. XI.6; в) значения чисел зубьев сменных шестерен по табл. XI.6 и XI.7; г) повернуть шпиндель делительной головки на угол θ (см. рис. XI.13); д) соединить винт продольной подачи с набором сменных шестерен, установленных на гитаре УДГ.

Фрезерование кулачков с произвольным профилем. В машиностроении встречаются также кулачки с произвольным профилем, очерченным не по архимедовой спирали. Для обработки таких кулачков требуется определенным образом подготовить чертеж: из центра O кулачка (рис. XI.15) нужно провести ряд равномерно расположенных лучей¹, после чего подсчитать расстояние от центра O до пересечения их с криволинейной траекторией центра ролика, который работает с этим кулачком. Обычно эти данные приводятся на чертеже кулачка.

В процессе настройки станка полукруглую фасонную фрезу, имеющую радиус закругления, равный радиусу рабочего ролика, располагают так, чтобы ее ось симметрии проходила через ось оправки. Кулачок устанавливают на центральной оправке между центрами УДГ и ее задней бабки.

При настройке инструмента на размер расстояние от плоскости стола до образующей фрезы рассчитывается по формуле

$$H = R + h, \quad (114)$$

где H — искомая высота установки фрезы над столом станка; R — расстояние от центра кулачка до точки a , расположенной в плоскости симметрии фрезы и лежащей на траектории

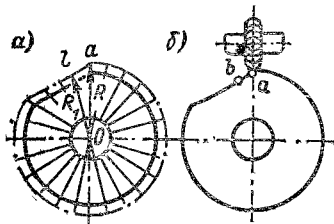


Рис. XI.15.

Фрезерование дисковых кулачков с произвольным профилем: а — различные лучи с точками на контуре; б — установка кулачка по точке a в плоскости симметрии фрезы

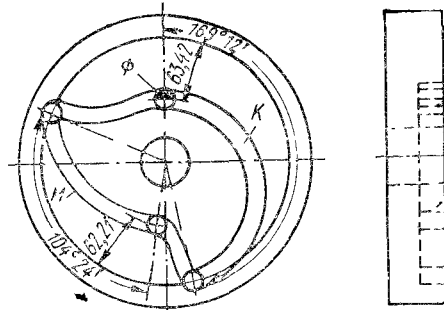


Рис. XI.14.

Кулачок с замкнутым контуром паза на торце диска

¹ В зависимости от размеров кулачка и сложности его профиля число лучей бывает равным 100, 200, 360 и более.

Таблица XI.6

Значение угла (θ , ...°) и номер (обозначение) набора сменных шестерен, необходимых для настройки станка с характеристикой $A = 240$ при фрезеровании кулачков, профиль которых очерчен по архимедовой спирали

H , мм	θ	Набор зубчатых колес	H , мм	θ	Набор зубчатых колес	H , мм	θ	Набор зубчатых колес
0,08	0,5	I	5,48	17	I	12,04	17,5	II
0,17	0,5	I	5,57	17,5	I	12,20	18	II
0,24	1	I	5,64	17,5	I	12,36	18	II
0,32	1	I	5,72	18	I	12,52	18,5	II
0,41	1	I	5,79	18	I	12,68	18,5	II
0,49	1,5	I	5,87	18,5	I	12,86	19	II
0,56	2	I	5,94	18,5	I	13,04	19	II
0,66	2	I	6,02	19	I	13,20	19,5	II
0,73	2	I	6,11	19	I	13,36	19,5	II
0,83	2,5	I	6,19	19,5	I	13,52	20	II
0,90	3	I	6,26	19,5	I	13,68	20	II
0,98	3	I	6,34	20	I	13,84	20,5	II
1,05	3	I	6,41	20	I	14,00	20,5	II
1,14	3,5	I	6,49	20,5	I	14,16	21	II
1,22	4	I	6,50	20,5	I	14,32	21	II
1,31	4	I	6,64	21	I	14,48	21,5	II
1,39	4	I	6,71	21	I	14,68	21,5	II
1,46	4,5	I	6,79	21,5	I	14,82	22	II
1,56	5	I	6,88	21,5	I	15,00	22	II
1,63	5	I	6,96	22	I	15,16	22,5	II
1,73	5	I	7,03	22	I	15,32	22,5	II
1,78	5,5	I	7,11	22,5	I	15,44	23	II
1,88	6	I	7,18	22,5	I	15,64	23	II
1,95	6	I	7,24	23	I	15,80	23,5	II
2,04	6	I	7,33	23	I	15,96	23,5	II
2,12	6,5	I	7,41	23,5	I	16,12	24	II
2,19	7	I	7,48	23,5	I	16,28	24	II
2,29	7	I	7,56	24	I	16,40	24,5	II
2,36	7	I	7,63	24	I	16,60	24,5	II
2,44	7,5	I	7,69	24,5	I	16,76	25	II
2,53	8	I	7,78	24,5	I	16,92	25	II
2,61	8	I	7,86	25	I	17,08	25,5	II
2,68	8	I	7,93	25	I	17,20	25,5	II
2,78	8,5	I	8,01	25,5	I	17,36	26	II
2,85	9	I	8,06	25,5	I	17,52	26	II
2,93	9	I	8,14	26	I	17,68	26,5	II
3,02	9	I	8,21	26	I	17,84	26,5	II
3,09	9,5	I	8,29	26,5	I	18,00	27	II
3,17	10	I	8,36	26,5	I	18,16	27	II
3,26	10	I	8,44	27	I	18,32	27,5	II
3,34	10	I	8,51	27	I	18,48	27,5	II
3,41	10,5	I	8,59	27,5	I	18,64	28	II
3,51	11	I	8,66	27,5	I	18,80	28	II
3,58	11	I	8,74	28	I	18,92	28,5	II
3,66	11	I	8,81	28	I	19,08	28,5	II
3,73	11,5	I	8,87	28,5	I	19,24	29	II
3,81	12	I	8,94	28,5	I	19,40	29	II
3,90	12	I	9,02	29	I	19,56	29,5	II
3,98	12	I	9,09	29	I	19,68	29,5	II
4,05	12,5	I	9,17	29,5	I	19,84	30	II
4,14	13	I	9,23	29,5	I	20,00	30	II
4,22	13	I	9,30	30	I	20,16	30,5	II
4,29	13	I	9,38	30	I	20,32	30,5	II
4,37	13,5	I	9,45	30,5	I	20,44	31	II
4,46	14	I	9,84	14	II	20,60	31	II
4,54	14	I	10,00	14,5	II	20,76	31,5	II
4,61	14,5	I	10,20	15	II	20,88	31,5	II
4,69	14,5	I	10,36	15	II	21,04	32	II
4,78	15	I	10,52	15,5	II	21,20	32	II
4,86	15	I	10,68	15,5	II	21,36	32,5	II
4,93	15,5	I	10,86	16	II	21,48	32,5	II
5,01	15,5	I	11,04	16	II	21,64	33	II
5,10	16	I	11,20	16,5	II	21,80	33	II
5,18	16	I	11,36	16,5	II	21,92	33,5	II
5,25	16,5	I	11,52	17	II	22,08	33,5	II
5,33	16,5	I	11,68	17	II	22,24	34	II
5,40	17	I	11,86	17,5	II	22,36	34	II

Продолжение табл. XI 6

Н, мм	θ	Набор зубчатых колес	Н, мм	θ	Набор зубчатых колес	Н, мм	θ	Набор зубчатых колес
22,52	34,5	II	34,20	35	III	50,38	39,5	IV
22,64	34,5	II	34,41	35	III	50,64	40	IV
22,80	35	II	34,63	35,5	III	50,91	40	IV
22,96	35	II	34,84	35,5	III	51,17	40,5	IV
23,08	35,5	II	35,06	36	III	51,44	40,5	IV
23,24	35,5	II	35,27	36	III	51,70	41	IV
23,36	36	II	35,48	36,5	III	51,96	41	IV
23,52	36	II	35,69	36,5	III	52,22	41,5	IV
23,64	36,5	II	35,90	37	III	52,48	41,5	IV
23,80	36,5	II	36,11	37	III	52,74	42	IV
23,96	37	II	36,32	37,5	III	53,00	42	IV
24,08	37	II	36,53	37,5	III	53,25	42,5	IV
24,24	37,5	II	36,73	38	III	53,51	42,5	IV
24,36	37,5	II	36,94	38	III	53,76	43	IV
24,48	38	II	37,15	38,5	III	54,01	43	IV
24,64	38	II	37,35	38,5	III	54,27	43,5	IV
24,76	38,5	II	37,56	39	III	54,62	43,5	IV
24,88	38,5	II	37,76	39	III	54,77	44	IV
25,04	39	II	37,96	39,5	III	55,02	44	IV
25,16	39	II	38,16	39,5	III	55,27	44,5	IV
25,32	39,5	II	38,37	40	III	55,51	44,5	IV
25,44	39,5	II	38,57	40	III	55,76	45	IV
25,60	40	II	38,77	40,5	III	56,00	34	V
25,72	40	II	38,97	40,5	III	56,37	34	V
25,84	40,5	II	39,17	41	III	56,73	34,5	V
26,00	40,5	II	39,36	41	III	57,09	34,5	V
26,12	41	II	39,56	41,5	III	57,46	35	V
26,24	41	II	39,76	41,5	III	57,82	35	V
26,40	41,5	II	39,95	42	III	58,18	35,5	V
26,52	41,5	II	40,15	42	III	58,54	35,5	V
26,64	42	II	40,34	42,5	III	58,89	36	V
26,76	42	II	40,54	42,5	III	59,25	36	V
26,88	42,5	II	40,73	43	III	59,61	36,5	V
27,04	42,5	II	40,92	43	III	59,96	36,5	V
27,16	43	II	41,11	43,5	III	60,31	37	V
27,28	43	II	41,30	43,5	III	60,66	37	V
27,40	43,5	II	41,49	44	III	61,01	37,5	V
27,52	43,5	II	41,68	44	III	61,38	37,5	V
27,68	44	II	41,87	44,5	III	61,71	38	V
27,80	44	II	42,05	44,5	III	62,06	38	V
27,92	44,5	II	42,24	45	III	62,40	38,5	V
28,04	44,5	II	42,43	45	III	62,75	38,5	V
28,16	45	II	42,61	45,5	III	63,09	39	V
28,28	45	II	42,85	33	IV	63,44	39	V
28,40	28,5	III	43,14	33	IV	63,78	39,5	V
28,63	28,5	III	43,42	33,5	IV	64,12	39,5	V
28,86	29	III	43,71	33,5	IV	64,46	40	V
29,09	29	III	44,00	34	IV	64,79	40	V
29,32	29,5	III	44,29	34	IV	65,13	40,5	V
29,55	29,5	III	44,57	34,5	IV	65,47	40,5	V
29,77	30	III	44,86	34,5	IV	65,89	41	V
30,00	30	III	45,14	35	IV	66,13	41	V
30,23	30,5	III	45,43	35	IV	66,46	41,5	V
30,45	30,5	III	45,71	35,5	IV	66,79	41,5	V
30,68	31	III	45,99	35,5	IV	67,12	42	V
30,90	31	III	46,27	36	IV	67,45	42	V
31,13	31,5	III	46,55	36	IV	67,78	42,5	V
31,35	31,5	III	46,83	36,5	IV	68,10	42,5	V
31,57	32	III	47,11	36,5	IV	68,42	43	V
31,80	32	III	47,39	37	IV	68,75	43	V
32,02	32,5	III	47,66	37	IV	69,07	43,5	V
32,24	32,5	III	47,94	37,5	IV	69,39	43,5	V
32,46	33	III	48,21	37,5	IV	69,70	44	V
32,68	33	III	48,49	38	IV	70,02	44	V
32,90	33,5	III	48,76	38	IV	70,34	44,5	V
33,12	33,5	III	49,03	38,5	IV	70,65	44,5	V
33,33	34	III	49,30	38,5	IV	70,96	45	V
33,55	34	III	49,57	39	IV	71,28	45	V
33,77	34,5	III	49,84	39	IV	71,68	36	VI
33,98	34,5	III	50,11	39,5	IV	72,05	36,5	VI

Продолжение табл. XI.6

H , мм	θ	Набор зубчатых колес	H , мм	θ	Набор зубчатых колес	H , мм	θ	Набор зубчатых колес
72,51	36,5	VI	82,78	43	VI	92,04	49	VI
72,94	37	VI	83,14	43	VI	92,41	49,5	VI
73,39	37	VI	83,51	43,5	VI	92,65	49,5	VI
73,76	37,5	VI	83,87	43,5	VI	93,02	50	VI
74,21	37,5	VI	84,36	44	VI	93,38	50	VI
74,61	38	VI	84,73	44	VI	94,11	50,5	VI
75,06	38	VI	85,09	44,5	VI	94,36	51	VI
75,46	38,5	VI	85,46	44,5	VI	94,72	51	VI
75,83	38,5	VI	85,82	45	VI	95,09	51,5	VI
76,32	39	VI	86,19	45	VI	95,46	51,5	VI
76,68	39	VI	86,56	45,5	VI	95,70	52	VI
77,17	39,5	VI	86,92	45,5	VI	96,07	52	VI
77,53	39,5	VI	87,29	46	VI	96,43	52,5	VI
78,02	40	VI	87,65	46	VI	96,67	52,5	VI
78,39	40	VI	88,02	46,5	VI	97,04	53	VI
78,75	40,5	VI	88,38	46,5	VI	97,41	53	VI
79,24	40,5	VI	88,75	47	VI	97,65	53,5	VI
79,61	41	VI	89,12	47	VI	98,02	53,5	VI
79,97	41	VI	89,48	47,5	VI	98,26	54	VI
80,46	41,5	VI	89,85	47,5	VI	98,63	54	VI
80,83	41,5	VI	90,21	48	VI	98,99	54,5	VI
81,19	42	VI	90,58	48	VI	99,23	54,5	VI
81,56	42	VI	90,94	48,5	VI	99,60	55	VI
81,92	42,5	VI	91,31	48,5	VI	99,84	55	VI
82,41	42,5	VI	91,68	49	VI	100,21	55,5	VI

центра рабочего ролика, мм; h — высота центров УДГ и ее задней бабки над столом, мм.

После установки фрезы на размер (на глубину фрезерования) в заготовке профрезеруется канавка полукруглого профиля (рис. XI.15, б). Крайняя точка на глубине этой канавки будет тождественна точке a , лежащей на траектории центра рабочего ролика. Возвратив стол станка в исходное положение, поднимают (или опускают) его на величину $H_1 = R - R_1$, где R и R_1 — соответственно расстояния от центра O кулачка до точек a и b , расположенных рядом.

Отсчет подъема стола производится по лимбу вертикальной подачи. После поворота заготовки в такое положение, чтобы в плоскости симметрии фрезы оказалась точка b [для этого заготовку нужно повернуть на $1/n$ -ю оборота, где n — число размеченных на ней лучей] фрезеруют следующую канавку и т. д.

Окончательную обработку контура кулачка производят комбинированием двух подач — продольной и поперечной, осуществляемых вручную при вертикальном положении оси заготовки, установленной на вертикально-фрезерном станке. Возможна

Таблица XI.7

Значения чисел зубьев сменных шестерен, соответствующих номеру (обозначению) набора сменных шестерен по табл. XI.6

Набор сменных шестерен	Числа зубьев сменных шестерен (см. рис. XI.13)				Шаг спиральной канавки H^* , мм (см. рис. XI.14)	Набор сменных шестерен	Числа зубьев сменных шестерен (см. рис. XI.13)				Шаг спиральной канавки H^* , мм (см. рис. XI.14)
	z_1	z_2	z_3	z_4			z_1	z_2	z_3	z_4	
I	100	25	80	25	18,75	IV	100	30	50	55	79,20
II	100	30	90	50	40,00	V	100	30	50	70	100,80
III	100	40	80	50	60,00	VI	90	40	70	80	121,91

* По формуле (106).

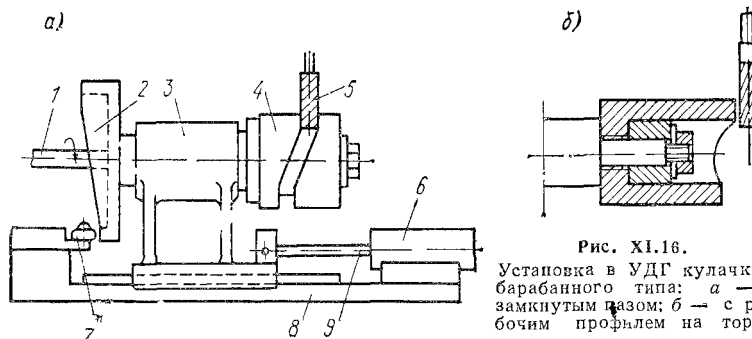


Рис. XI.16.
Установка в УДГ кулачков барабанного типа: *a* — с замкнутым пазом; *б* — с рабочим профилем на торце

такая обработка комбинированием продольной и круговой подачи при установке заготовки на круглом поворотном накладном столе.

Точность обработки тем выше, чем большее число лучей было размечено, т. е. чем чаще расположены протрезерованные канавки.

Фрезерование кулачков барабанного типа. В таких кулачках криволинейные поверхности образуются прямоугольной формы канавкой, расположенной на наружном цилиндре и имеющей замкнутый контур, или же криволинейным торцом цилиндра. Обработка этих поверхностей обычно выполняется концевой фрезой на вертикально-фрезерном станке при горизонтальном положении оси заготовки; реже — на горизонтально-фрезерном станке.

На рис. XI.16, *a* изображена схема установки, используемой в случае фрезерования замкнутого паза на вертикально-фрезерном станке. Здесь в стойке 3 помещается шпindel 1 приспособления, которому сообщается непрерывное вращение через гитару сменных колес от привода продольной подачи станка. На левом конце шпинделя жестко насажен торцевой копир 2, а на правом конце — консольная оправка, на которой закреплена обрабатываемая заготовка 4.

Ролик 7, вращающийся на оси в кронштейне, связанном с плитой 8, находится в силовом контакте с копиром 2, и при его вращении заставляет стойку 3 перемещаться вдоль оси шпинделя по направляющим на плите 8. Непрерывный силовой контакт ролика с копиром обеспечивается за счет постоянного давления пневмоцилиндра 6 через шток 9, который жестко соединен с основанием стойки 3. Плита 8 приспособления неподвижно закреплена на столе. При перемещении стойки с заготовкой и одновременном вращении последней концевая фреза 5 фрезерует канавку заданного контура.

Следует заметить, что вследствие непрерывного с одной частотой вращения заготовки при контурах канавок, имеющих относительно резкие изменения в своих направлениях, в них возникнут так называемые подрезки (см. X.2). Чтобы этих искажений не произошло, в копир должны быть введены «предыскажения», т. е. такие заведомые отклонения контура, которые в местах изменений направлений паза компенсируют бы отпадание инструмента.

В случае фрезерования криволинейной поверхности на торце кулачка в схему рис. XI.16, *a* вносятся изменения в закрепление заготовки, как это показано на рис. XI.16, *б*.

Фрезерование плоских криволинейных контуров по копиру. Фрезерование таких поверхностей по копиру осуществляется концевой фрезой, установленной в шпинделе 3 вертикально-фрезерного станка. На рис. XI.17 *a* показана схема обработки наружного криволинейного контура заготовки по накладному копиру. Здесь накладной копир 2 представляет собой диск, профиль которого совпадает с профилем подлежащей обработке заготовки 1. Копир, управляющий необходимым движением заготовки относительно фрезы, накладывается на заготовку и закрепляется на оправке вместе с ней. Оправка устанавливается в центральном отверстии вращающегося круглого стола 6.

Обработка производится хвостовой фрезой 5, на которой выше режущей части свободно насажен каленый шлифованный ролик 4, наружный диаметр которого равен диаметру фрезы. Процесс фрезерования ведется с двумя ручными подачами (круговой и продольной), которые координируются таким образом, что ролик

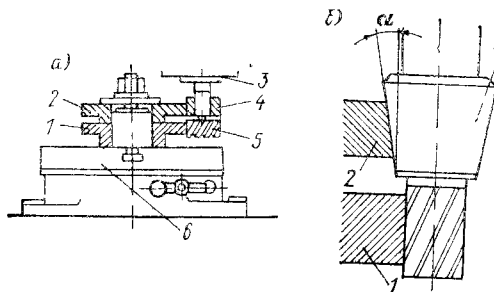


Рис. XI.17.

Схема обработки криволинейного контура по накладному копиру. а — с цилиндрическим роликом; б — с коническим роликом

все время обкатывается по копиру; при этом фреза воспроизводит профиль копира.

Чтобы не было искажения профиля, после каждой переточки фрезы ролик следует шлифовать на тот же размер, на который окажется заточенной фреза.

Иногда компенсацию потери размера фрезы при переточках осуществляют иначе. Ролик выполняют коническим (рис. XI.17, б), а копира — с соответствующим скосом. В этом случае, если фреза после переточки окажется на Δd мм меньше, ее поднимают на величину

$$h = 0,5\Delta d \operatorname{ctg} \alpha, \quad (115)$$

где α — угол скоса кромки копира (рекомендуется принимать $\alpha = 10 \div 15^\circ$).

На рис. XI.18 показан более рациональный способ обработки криволинейной поверхности с помощью копирующего приспособления. На столе станка закреплены базовая плита 10 приспособления и отдельно от нее — кронштейн 5, несущий копирующий ролик 4. По плите 10 свободно перемещается каретка 1, к которой прикреплен груз 6, стремящийся сдвинуть ее в сторону кронштейна 5. При этом копира 3 оказывается все время прижатом к ролику 4. Заготовке 2 вместе с копиром 3 сообщается медленное вращение с помощью рукоятки 8 и червячной передачи 7 и 9.

Обкатываясь по неподвижному ролику 4, копира 3 воздействует на каретку 1, заставляя ее перемещаться по своим направляющим. Сочетание поступательного движения копира и заготовки с вращательным движением, определяемое контуром копира, и дает возможность при фрезеровании получить заданный профиль изделия 2.

На рис. XI.19 изображены схемы, иллюстрирующие расположение фрезы 1 и ролика (пальца) 4 при фрезеровании наружных и внутренних криволинейных контуров заготовки 2, закрепленной на одной оправке с копиром 3. Эти схемы дают возможность рассчитать размеры копира.

Для уменьшения габаритных размеров копирующего устройства следует выбирать межосевое расстояние M возможно меньшим. Диаметр ролика принимается, как правило, равным 20—30 мм. Радиусы копира при обработке наружных и внутренних криволинейных поверхностей при одностороннем расположении ролика (пальца) и фрезы (рис. XI.19, а и б) определяются по формуле

$$R_K = R_{\text{изд}} + M \pm 0,5 \times (D - d_{\text{рол}}), \quad (116)$$

где R_K и $R_{\text{изд}}$ — радиусы копира и изделия, мм. Здесь знак «+» берется при фрезеровании наружных, а знак «-» при фрезеровании внутренних криволинейных поверхностей.

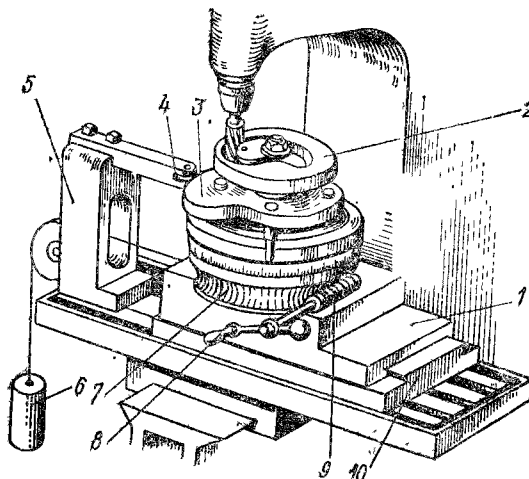


Рис. XI.18.

Схема обработки криволинейного контура с механической перемещением на размер радиуса (по лучу)

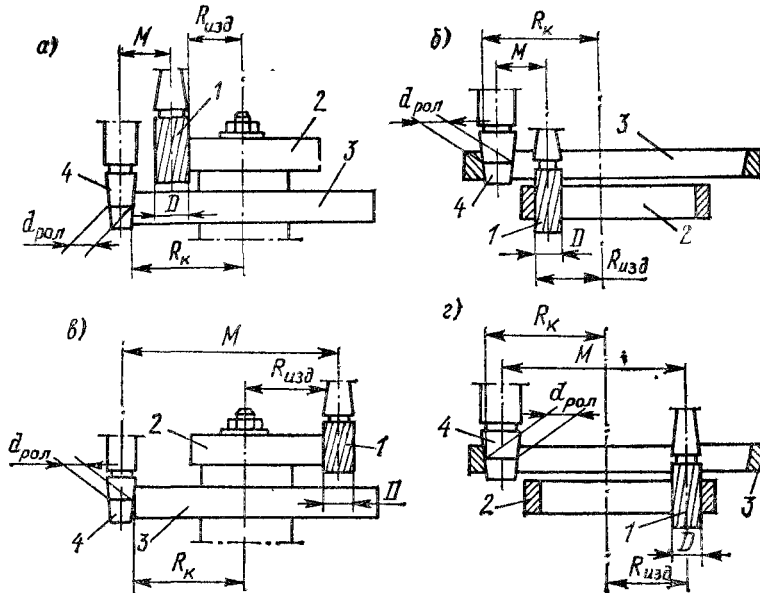


Рис. XI.19.

Схемы расположения фрезы, роликов и копиров при фрезеровании заготовки

При разностороннем расположении ролика и фрезы (рис. XI.19, в и г)

$$R_k = M - R_{изд} \mp 0,5(D - d_{ролл}). \quad (117)$$

Здесь знак «—» берется при обработке наружных, а знак «+» при обработке внутренних поверхностей. Пользуясь этими формулами, можно подсчитать R_k для отдельных участков (углов) контура и таким образом построить профиль копира. Такой способ, однако, применим лишь для относительно простых по форме контуров копиров. Более точные результаты дает графический метод построения контура копира.

XI.4. Фрезерование фасонных пространственно-сложных поверхностей

Фрезерование фасонными фрезами позволяет при небольшом припуске за один рабочий ход обработать пространственно-сложные поверхности заготовки, если по условиям мощности станка и жесткости системы СПИД они могут быть охвачены по всей своей ширине. На рис. XI.20 показана обработка фасонной фрезой короткой заготовки, закрепленной в тисках. Применение набора фасонных фрез, соединенных между собой не только оправкой, но и кулачками, образованными на торцах спариваемых фрез, позволяет увеличить ширину фрезерования за один рабочий ход. Набор фасонных фрез упрощает формы фрез, облегчает их изготовление и уменьшает стоимость. Определенные трудности при этом представляет обеспечение правильной установки заготовки относительно форм фрезы по заданным чертежом размерам.

Простейшим приемом является установка относительно осевого торца фасонной фрезы. Но это возможно только тогда, когда на торце фрезы выгравировывается размер от ее базового торца до плоскости симметрии так называемой главной фасонной части поверхности. На рис. XI.20 размер l между двумя плоскостями C и C_1 является именно таким размером, который позволяет легко вычислить, на каком расстоянии друг от друга должны находиться базовые торцы фрезы B и заготовки A .

Задача достижения правильного положения фасонной фрезы относительно заготовки значительно облегчается при применении специальных установок (габаритов).

На рис. XI.21 показаны характерные примеры определения расположения фасонных фрез по установкам (габаритам), закрепленным на приспособлениях и занимающим на них соответствующие места относительно базирующих поверхностей (баз заготовок).

На рис. XI.21, а дисковая выпуклая фреза устанавливается по плоскости симметрии и по своей оси от габарита путем соблюдения равенства зазоров, измеряемых щупом s . На рис. XI.21, б положение фасонной фрезы определяется одновременными контактами с роликами, имеющими равновеликие диаметры d ; при этом достигается необходимое расположение относительно баз заготовки. На рис. XI.21, в приведен

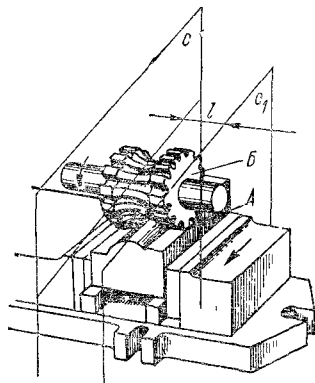


Рис. XI.20.

Обработка поверхности сложного профиля фасонной фрезой: C — плоскость симметрии вогнутой части профиля фрезы; C_1 — плоскость, совпадающая с плоскостью торца B фрезы; A — базовый торец заготовки

разных радиусов дугообразных форм. На рис. XI.22 приведен образец такого изделия 1, все рабочие поверхности у которого могут быть образованы концевой фрезой 2, имеющей возможность воспроизводить относительные движения по дугам окружностей разных диаметров.

Кинематически такие движения обеспечиваются путем применения специального приспособления, устанавливаемого на столе вертикально-фрезерного станка. Принципиальное устройство такого приспособления показано на рис. XI.23. Основание приспособления 4 имеет четыре стойки, в подшипниках которых находятся два горизонтальных вала; на валах укреплены червячные колеса 9, а по концам расположены по два ползуна 5. С червячными колесами сцепляются червяки, сидящие на валу 6 и приводимые во вращение вручную (это может быть и механический привод от привода стола станка) рукояткой 8. Стол 3 приспособления имеет четыре лапы с вмонтированными в них цапфами, входящими своими сухарями в прорези ползунков. Оси цапф располагаются эксцентрично относительно осей валов червячных колес 9. Винты 7, связанные резьбой с сухарями цапф и находящиеся в прорезях ползунков 5, позволяют изменять эксцентриситет цапф, увеличивая или уменьшая его.

На столе приспособления устанавливается обрабатываемая заготовка 2. При вращении вала 6 стол 3 относительно фрезы 1 будет описывать фигуры, являющиеся дугами окружностей, радиусы которых равны радиусам обрабатываемых поверхностей. После прохода одной строчки стол станка совместно с приспособлением перемещается на следующую строчку, и обработка таким же образом продолжается. Плоские поверхности изделия образуются фрезерованием их при зафиксированном

пример аналогичной установки при несимметричном профиле фрезы. На рис. XI.21, г фасонная фреза симметричного профиля выставляется относительно приспособления и заготовки по контактам с мерными роликами и зазору по щупу, задаваемым установом.

Режим резания, назначаемый при работе фасонной фрезой, влияет на качество обработки (отсутствие дробления, надлежащая шероховатость поверхности, неискаженный профиль изделия).

Фасонные фрезы изготавливаются из быстрорежущей стали. Рекомендуемый режим резания: s_2 не более 0,05 мм/зуб; $v = 30$ м/мин для стали и $v = 20$ м/мин для чугуна. Контроль фасонного профиля производится шаблонами.

Сложные фасонные поверхности таких изделий, какими являются штампы, пресс-формы, модели, в целях ускорения и удешевления их изготовления требуют применения дорогих копировальных объемно-фрезерных станков или многооперационных фрезерных станков с ЧПУ. В условиях единичного или мелкосерийного производства это далеко не всегда экономически оправдано. В поисках более дешевых способов изготовления прибегают к созданию таких фасонных поверхностей, которые представляют собой сочетания

положении ползунов *Б*, т. е. при постоянном уровне стола *З* приподнятия. При этом используются продольная и поперечная механические подачи стола станка.

Вогнутые поверхности могут быть обработаны путем фрезерования обычными (нефасонными) торцевыми фрезами на широкоуниверсальных консольно-фрезерных станках или на вертикально-фрезерных станках с поворотной шпиндельной головкой (например, модели 6Р12).

На рис. XI.24 показана схема обработки по этому способу заготовки турбинной лопатки 2 торцевой фрезой 1, установленной под углом φ к направлению продольной подачи. При такой установке зубья фрезы, расположенные по диаметру *D* на их лезвиях, опиывают на обрабатываемой поверхности эллипс с полуосями *a* и *b*. Угол установки фрезы определяется из выражения

$$\sin \varphi = b/a. \quad (118)$$

Здесь полуоси *a* и *b* обычно заданы чертежом изделия.

Таким же способом можно получить вогнутую поверхность при фрезеровании не торцевыми, а нестандартными двухугловыми фрезами. Способ этот успешно применяется при предварительной обработке точных изделий, например лопаток турбин.

Фрезерование сферических поверхностей. Возникают случаи, когда необходима обработка наружных и внутренних шаровых поверхностей (на шаровых опорах, их ложементах, пальцах шарниров и подобных изделиях) на фрезерных станках. Эта работа выполняется с применением делительной головки и специальных фрез.

На рис. XI.25 показаны способы фрезерования неполных сферических поверхностей. Во всех случаях помимо главного движения — вращения фрезы — вращение сообщается и заготовке — круговая подача. Механическая круговая подача осуществляется от привода продольной подачи станка через сменные втучатые колеса шпинделю делительной головки.

На рис. XI.25, а дана обработка наружной шаровой поверхности шарнирного пальца. Шпиндель УДГ, в котором закреплена заготовка, установлен так, что оси заготовки 1 и фрезы 2 скрещиваются под углом $\alpha \neq 90^\circ$. На чертежах обычно заданы: диаметр сферической поверхности $D_{ш}$ и высота шаровой головки *H*. Диаметр фрезы (по лезвиям зубьев, обращенным к центру фрезы) *D* и угол установки шпинделя делительной головки α определяются по формулам:

$$D = \sqrt{D_{ш}H}; \quad (119)$$

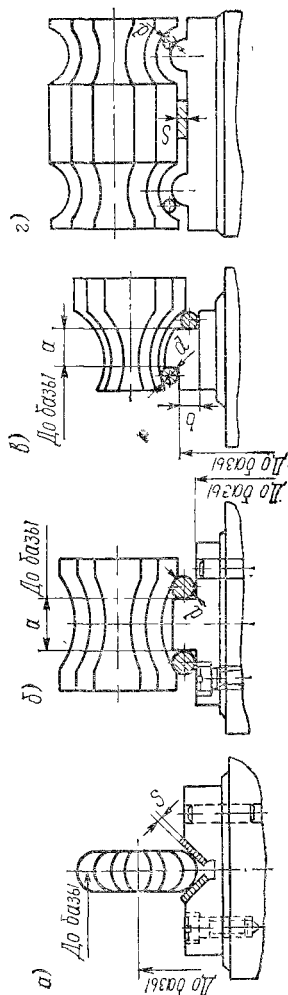
$$\sin \alpha = \sqrt{H/D_{ш}}. \quad (120)$$

Пример 5. Определить диаметр фрезы и угол установки шпинделя делительной головки при заданных значениях шаровой поверхности шарнирного пальца: $D_{ш} = 100$ мм и $H = 40$ мм.

По формуле (119) диаметр фрезы

$$D = \sqrt{100 \cdot 40} = 63,25 \text{ мм.}$$

Рис. XI.21. Примеры определения расположения фасонных фрез по установкам на приспособлениях, закрепляющих заготовки



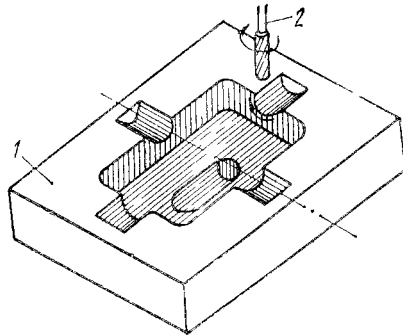
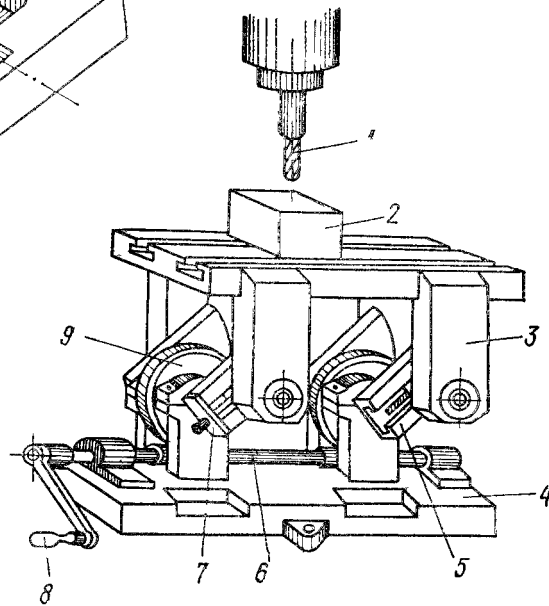


Рис. XI.22
Изделие со сложной поверхностью, образованной дугами окружностей разных радиусов

Рис. XI.23.
Приспособление, обеспечивающее движение заготовки по дугам окружностей относительно фрезы



По формуле (120) угол усглански

$$\sin \alpha = 40/100 = 0,6325; \quad \alpha = 39^{\circ}14'$$

На рис XI 25, б показан другой способ фрезерования шаровой поверхности на заготовке, установленной в центрах делительной головки. В этом случае обычно задаются диаметр шаровой поверхности $D_{ш}$ и размер d_a . Угол скрещивания осей фрезы и заготовки $\alpha = 90^{\circ}$.

Следовательно, для настройки станка нужно узнать лишь диаметр фрезы D , который определяется по формуле

$$D = \sqrt{D_{ш}^2 - d_a^2} \quad (121)$$

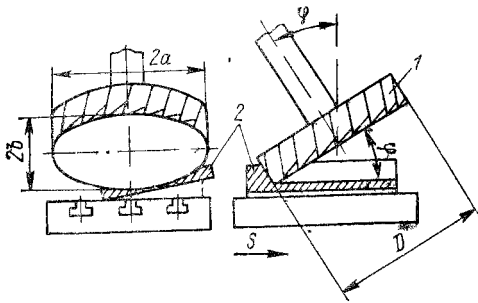


Рис. XI.24.

Схема фрезерования вогнутой поверхности стандартной торцевой фрезой

В случае, изображенном на рис XI 25, в, производится фрезерование внутренней шаровой поверхности в шарнирной опоре. Для настройки станка при такой обработке необходимо знать величины D и α . Они также определяются по формулам (119) и (120).

Фрезерование поверхностей пространственно сложных форм может выполняться и методом объемного копирования. В этом случае перемещение фрезы относительно обрабатываемой заготовки

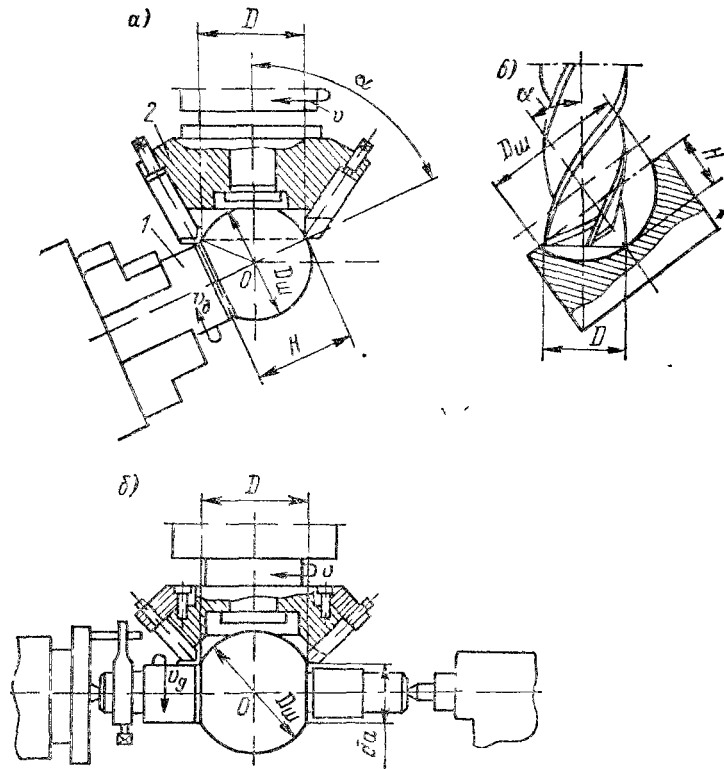


Рис. XI.25.

Схемы шлифования наружных и внутренних сферических поверхностей

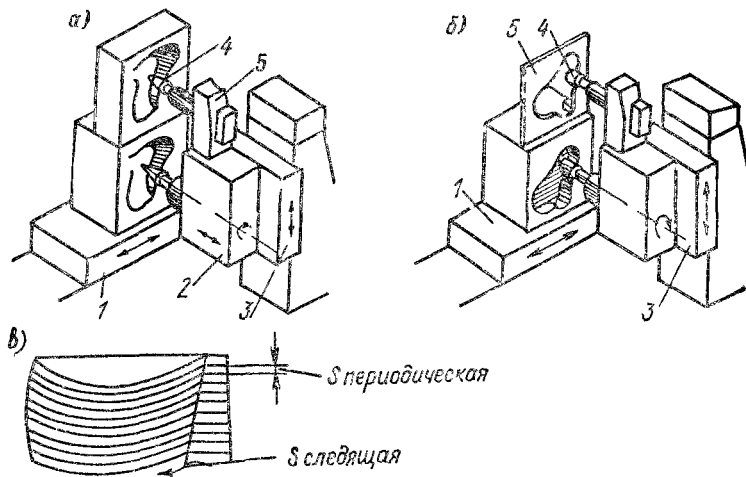


Рис. XI.26.

Схемы обработки на объемно копировально фрезерном станке *a* — объемной фасонной поверхности, *б* — криволинейного контура, *в* — методом строчечной обработки с периодической подачей

происходит в трех взаимно перпендикулярных направлениях. Управление такими перемещениями осуществляется при помощи копирующего прибора 5 (рис. XI.26, а) следящей системы объемно-копировально-фрезерного станка. Палец 4 прибора находится в постоянном контакте с поверхностью копира. С помощью контакта пальца обеспечивается ощупывание, сила которого ограничена до 1,0—1,5 Н.

Малейшие отклонения пальца 4 в ту или другую сторону под воздействием копира вызывают электрические управляющие сигналы тем больших значений, чем больше отклонение. Эти сигналы преобразуются в рабочие подачи соответствующих скоростей и направлений за счет перемещений шпиндельной бабки 2, ее салазок 3 и стола 1 станка.

Фрезирование объемной формы может вестись и с так называемой периодической — задающей подачей. Эта подача производится горизонтальными или вертикальными строчками (рис. XI.26, в) такой длины, которая перекрывает габарит копира и заготовки с некоторым запасом. В конце строчек автоматически происходит очередной переход на выполнение новой строчки. Шаг такого перехода является величиной периодической подачи $s_{цр}$, которая может изменяться в некоторых пределах.

На объемно-копировально-фрезерных станках может выполняться и конгурное копирование (рис. XI.26, б) по копиру в форме листа 5. В этом случае палец 4 также с ощупывающим контактом обходит криволинейный профиль. Фреза в шпинделе повторяет заданный контур на заготовке. Подачи ведутся в данном случае только в двух направлениях — салазками 3 и столом 1.

Глава XII
**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА
НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ**

XII.1. Повышение производительности труда за счет применения рациональных способов закрепления деталей на станке

Основными направлениями повышения производительности труда при работе на фрезерных станках являются: механизация закрепления заготовок; сокращение пути рабочих и вспомогательных ходов; увеличение числа одновременно обрабатываемых поверхностей; многоместная обработка заготовок; непрерывная обработка (совмещение основного и вспомогательного времени); групповая обработка; автоматизация процессов обработки; многооперационная обработка заготовок; оптимизация режимов резания за счет совершенствования режущих качеств фрез и рационального использования мощности станка.

Устранение ручного закрепления, связанного с затратой мускульных усилий рабочего и относительно длительным временем их выполнения, производится с помощью (особенно в серийном производстве) зажимных элементов в виде прихватов с механизированным приводом. Такие прихваты можно устанавливать в различных местах стола фрезерного станка и использовать для быстрого и надежного закрепления разных по конфигурации и высоте заготовок.

На рис. XII.1, а показан прихват с пружинно-гидравлическим приводом, регулируемый по высоте путем набора однотипных подкладок 1 и размещения гайки

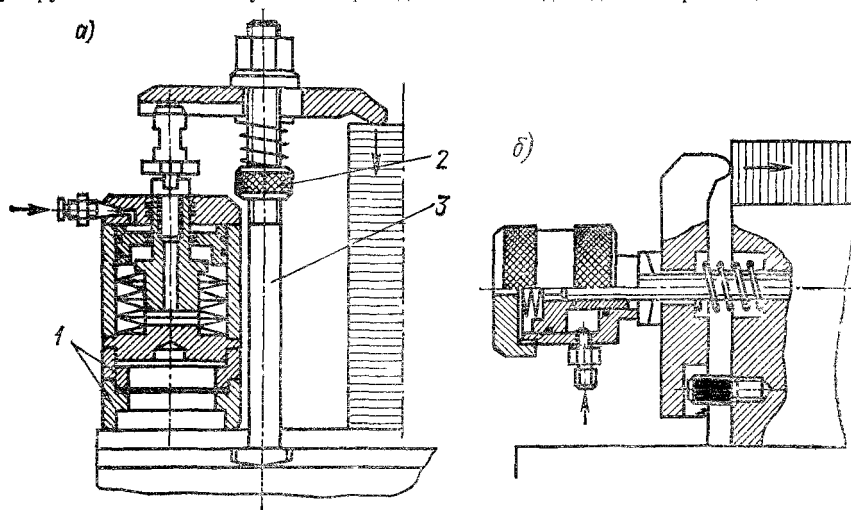


Рис. XII.1.
Зажимные элементы — прихваты с гидравлическими и пружинно-гидравлическими приводами

Таблица XII.1

**Влияние механизированных и автоматизированных устройств
на сокращение времени выполнения отдельных операций**

Операции, осуществляемые с помощью механизированных и автоматизированных устройств	Время, мин	
	до применения устройств	с применением устройств
Пневматически (или гидравлически) зажим и освобождение заготовки при помощи одной рукоятки	0,27	0,04
Зажим и освобождение заготовки путем правода от движущегося стола	0,27	Совмещается с машинным временем
Автоматизация цикла фрезерования	0,6	0,12
Механизация загрузки заготовок	0,24	0,03
Автоматизация поворота и закрепления заготовки при работах с делительным приспособлением, рассчитанным на два поворота	0,17	0,03
Применение быстрозажимного патрона	2,8	0,16

2 на длинной резьбе болта 3. Здесь зажим осуществляется пакетом тарельчатых пружинок, а разжим — давлением масла из сети от гидросилителя, которое, действуя на поршень, сжимает пружины и освобождает планку прихвата. Такие средства зажима повышают безопасность работы, так как действующая сила не зависит ни от какого другого ее источника. На рис. XII.1, б приведен механизированный прихват с гидроприводом, действующий в условиях горизонтального направления силы зажима.

Использование механизированных прихватов позволяет применять их для одновременного закрепления нескольких (или одной) заготовок. При этом закрепление производится одной рукояткой крана, открывающего доступ масла в систему питающей сети.

Применение приспособлений с механизированным (пневматическим, гидравлическим, магнитным и др.) приводом, а также приспособлений прогрессивных конструкций (см. гл. VIII) содействует значительному повышению производительности труда. Эффект экономии времени, достигаемый при механизации и автоматизации отдельных операций вспомогательной работы на фрезерных станках, приведен в табл. XII.1.

XII.2. Повышение производительности труда за счет выбора рационального метода фрезерования

Сокращение пути рабочих и вспомогательных ходов. Рациональные схемы взаимного расположения фрезы и заготовки (заготовок) в ряде случаев позволяют сократить длину рабочего и вспомогательного ходов вне зависимости от длины заготовки.

Если диаметр торцевой фрезы несколько превосходит длину обрабатываемой поверхности заготовки, то фрезерование следует вести по схеме *a*, а не по схеме *b*. Длина рабочего хода сокращается. В том случае, когда диаметр торцевой фрезы несколько меньше длины заготовки (рис. XII.2, в), направление подачи должно быть принято вдоль заготовки, т. е., как показано, не допуская двух коротких рабочих ходов поперек заготовки. Последнее приведет не только к некоторому увеличению длины рабочего хода, но и к ухудшению плоскостности обработанной поверхности.

На рис. XII.2, д и е приведены два варианта установки шести заготовок размерами 25×50 мм. При обработке по схеме *d* расчетная длина обработки $L = 360$ мм, а по схеме *e* $L = 210$ мм. Соответственно этому длина рабочего хода, приходящаяся на одну заготовку, при варианте *d* равна 60 мм, а при варианте *e* — 35 мм.

В ряде случаев длина рабочего хода, а следовательно, и основное время обработки, приходящееся на одну заготовку, могут быть значительно уменьшены за счет изменения направления подачи. Например, при фрезеровании торцевых поверхностей

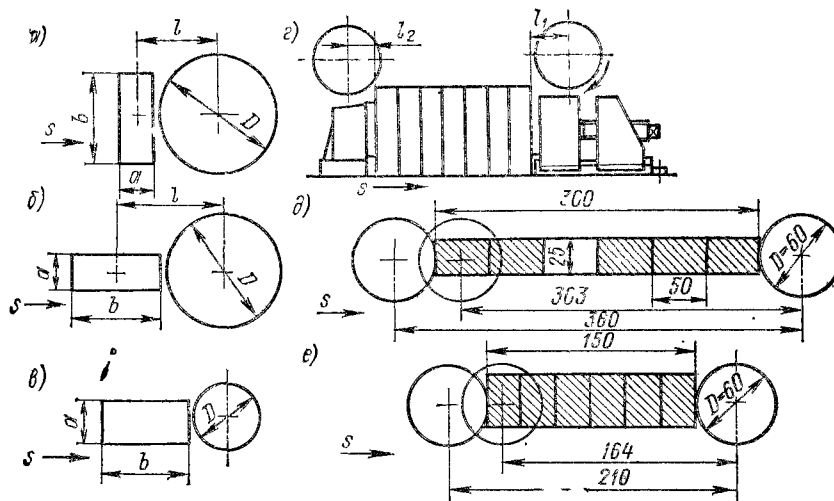


Рис. XII.2.

Схемы расположений фрезы и заготовок, определяющие возможности сокращения пути рабочего хода

у проушины I (рис. XII.3, а) длина рабочего хода относительно фрезы с учетом врезания и выхода составляет для полуступового фрезерования 130 мм (ход I—II) и для чистового — 230 мм (ход I—III). При фрезеровании этой же заготовки по схеме б длина рабочего хода фрезы равна 65 мм, т. е. в 2—3,5 раза меньше, чем при обработке по схеме а.

Общая длина рабочего хода набора фрез при одновременной обработке четырех рычагов (рис. XII.3, б) по схеме а составляет для полуступового фрезерования 300 мм (ход I—II), а для чистового — 420 мм (ход I—III). При изменении направления по-

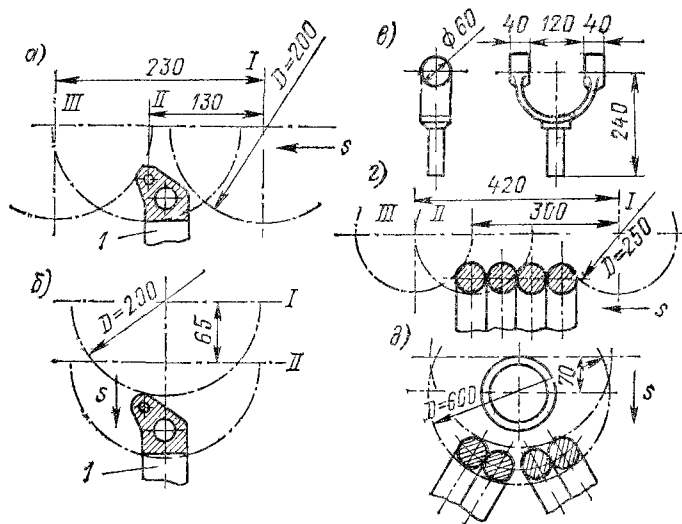


Рис. XII.3.

Схемы рационального направления подачи и расположения заготовок, сокращающие длину рабочего хода

даци и расположения заготовки по схеме *д* общая длина рабочего хода набора фрез при обработке тех же четырех заготовок будет равна всего 70 мм, т. е. в 4,3—7 раз меньше, чем в первом случае, — по схеме *г*.

Иногда удается так расположить заготовки на станке, что окажется возможным фрезеровать их в обе стороны (попутное и встречное фрезерование). Возможно это только на станках, снабженных зазорвыбирающим устройством в винтовой передаче, т. е. приспособленных для попутного фрезерования.

Увеличение числа одновременно обрабатываемых поверхностей. Оно достигается совмещением работы отдельных фрез с помощью применения наборов фрез (см. гл. VI), а также многошпиндельной обработкой. Применение как одного, так и другого метода позволяет сократить затраты основного (машинного) времени за счет объединения отдельных переходов в один и затраты вспомогательного времени путем уменьшения числа установок и закреплений заготовок.

Многошпиндельная обработка может осуществляться на продольно-фрезерных станках с двумя, тремя и четырьмя шпинделями или на специальных многошпиндельных фрезерных станках.

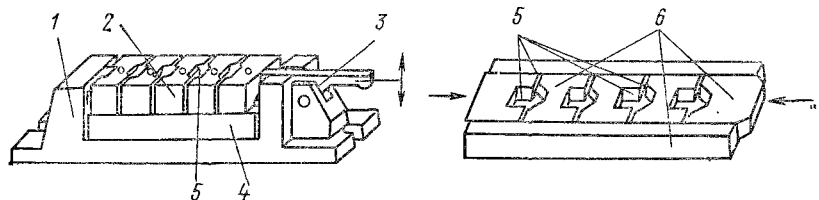


Рис. XII.4.

Кассетные приспособления для многоместной установки и механизированного закрепления заготовок малых размеров

Многоместная обработка предусматривает объединенную установку, закрепление и одновременное фрезерование (за одни и те же рабочие ходы) нескольких или многих заготовок. На рис. XII.2, *г* показана схема фрезерования пакета из семи заготовок, установленных на поверхности стола станка и закрепленных тисочным зажимом. В этом случае основное время обработки меньше, чем при фрезеровании по одной заготовке за счет того, что пути врезания l_1 и перебега l_2 относятся только ко всему пакету заготовок, а не к каждой в него входящей, т. е. становится в 7 раз меньше. Затраты вспомогательного времени также уменьшаются, потому что времени на управление станком, подвод и отвод инструмента и пр. расходуется также в 7 раз меньше, чем при раздельном фрезеровании по одной детали.

Примером многоместной обработки является кассетный способ установки и механизированного закрепления заготовок. Обычно наиболее эффективно его применение для изделий малых размеров.

На рис. XII.4 изображено приспособление 1, предназначенное для установки и закрепления в нем заготовок, размещенных в кассетах 4, 6. Кассета 4 с подвижными установочными элементами 2, между которыми в специальной формы ложе-ментах 5 помещаются четыре подлежащих обработке заготовки, устанавливается на направляющую площадку приспособления 1. Это приспособление предварительно ориентировано по Т-образному пазу стола и жестко закреплено на нем. Под рычаг 3 становится гидравлический или пружинно-гидравлический привод зажима (см. рис. XII.4). При его включении рычаг с надлежащей силой перемещается вверх, вследствие чего, поворачиваясь на своей оси-опоре, другим концом, прижатым к первому элементу 2, преодолевает слабые пружины (на рисунке не видно) и зажимает весь пакет элементов кассеты, тем самым закрепляя одновременно все находящиеся между ними заготовки. После фрезерования производится отжатие рычага 3 и снятие всей кассеты. Затем может быть поставлена новая кассета или та же, но с новыми заготовками.

Кассетный способ, располагая всеми преимуществами метода многоместной обработки, дает возможность упростить установку относительно сложных заготовок, осуществить механизированный зажим и совместить при этом машинное время с временем, необходимым на набор (подготовку) заготовок в очередную кассету. Помимо

этого для применения кассетного способа при обработке других изделий достаточно изготовить только новые элементы 2, что весьма удешевляет затраты на подготовку производства и ускоряет ее.

Позиционное фрезерование. Метод позиционного фрезерования ведет к совмещению во времени рабочего хода с работой, носящей вспомогательный характер. Его осуществление связано с применением как специальных поворотных (индексируемых) накладных столов, так и без них, с простыми поворотными приспособлениями.

На рис. XII.5, а—г показана обработка заготовки 4 на позиционном поворотном столе. В этом случае на столе 6 фрезерного станка закрепляется плита 2, на которой смонтирован поворотный стол 3. Закрепив на столе обрабатываемую заготовку

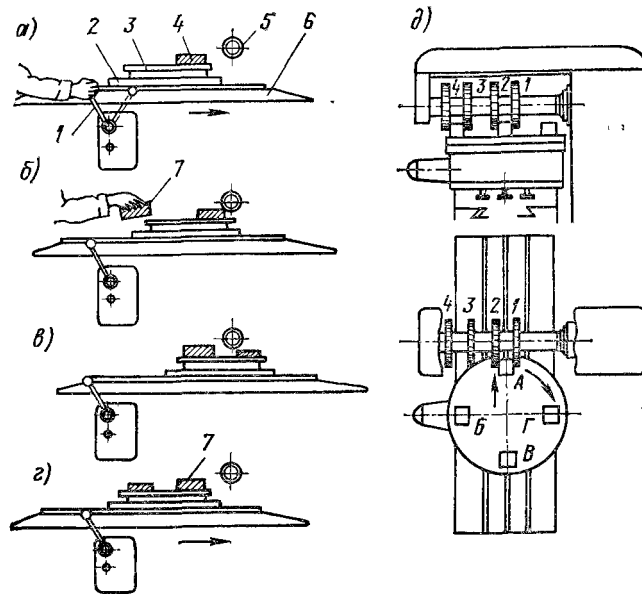


Рис. XII.5.

Схемы позиционного фрезерования на поворотных столах-приспособлениях

4, фрезеровщик при помощи рычага 1 включает рабочую подачу стола (рис. XII.5, а) и затем во время обработки заготовки фрезой 5 на второй позиции стола производит установку другой заготовки 7 (рис. XII.5, б).

По окончании обработки заготовки 4 (рис. XII.5, в) стол станка отводит и при помощи соответствующей рукоятки поворачивают стол 3 относительно плиты 2. Затем вновь включают продольную подачу и фрезеруют уже заготовку 7, находящуюся в рабочей позиции (рис. XII.5, г). Обработанную заготовку 4 снимают, на ее место ставят новую заготовку, после чего цикл повторяется.

На рис. XII.5, д изображена схема фрезерования боковых граней четырех квадратов А, Б, В и Г на круглом поворотном столе. В этом случае обработка производится набором из четырех дисковых двусторонних фрез 1, 2, 3 и 4. В положении стола, показанном на схеме, фрезы 1 и 2 обрабатывают одновременно две боковые грани заготовки А, а фрезы 3, 4 — две боковые грани заготовки Б. После прохода и вывода фрез стол поворачивают на 90° ; при этом заготовка Б перемещается в новое положение и становится в позицию для обработки двух других боковых граней фрезами 1 и 2, а фрезы 3 и 4 в этом же положении стола обрабатывают две боковые грани заготовки В. Затем после вывода фрез стол поворачивается снова на 90° и заготовка В становится на место, которое занимала в предыдущей позиции заготовка Б; при этом фрезы 1 и 2 обрабатывают у нее две последние боко-

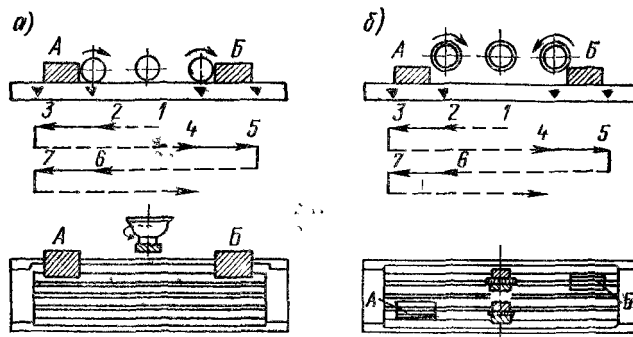


Рис. XII.6.

Схемы позиционного фрезерования по маятниковому циклу

вые грани. После третьего поворота стола заготовка, обработанная по всем четырем граням, поадаает на последнюю — четвертую позицию (на место, занимаемое на схеме заготовкой В). Здесь она снимается и заменяется новой заготовкой.

Применение поворотных столов оказывается эффективным средством экономии времени, так как время на установку и снятие заготовки полностью совмещается с временем обработки другой заготовки, а на поворот стола (диаметром до 900 мм), в том числе и на его подвод и отвод на ускоренной подаче, требуется всего лишь 0,3—0,6 мин.

На рис. XII.6 приведена другая схема осуществления метода позиционного фрезерования. В этом случае при рабочей подаче стола от позиции 2 (рис. XII.6, а) к позиции 3 торцевая фреза обрабатывает торец заготовки А, затем направление подачи стола изменяется и стол ускоренно перемещается к позиции 4. Далее фреза обрабатывает заготовку В при рабочей подаче от позиции 4 к позиции 5, после чего вновь изменяется направление подачи и стол ускоренно подается до позиции 6, затем весь цикл повторяется вновь. Во время фрезерования заготовки А обработанная заготовка В снимается, и на ее место устанавливается другая заготовка.

Схема позиционного фрезерования на горизонтально-фрезерном станке при применении набора фрез приведена на рис. XII.6, б. При подаче стола от позиции 2 к позиции 3 набор фрез при левом вращении шпинделя фрезерует заготовку А, затем направление подачи изменяется и стол ускоренно перемещается к позиции 4; вращение шпинделя станка при этом ускоренно перемещается к позиции 4; вращение шпинделя станка при этом также изменяется на правое. При движении стола от позиции 4 к позиции 5 второй набор фрез обрабатывает заготовку В; фрезеровщик в это время снимает готовое изделие А и ставит на его место новую заготовку.

Приведенные схемы известны как схемы с маятниковой подачей или же как схемы фрезерования по маятниковому циклу.

Управление маятниковым циклом по схемам на рис. XII.6 осуществляется автоматически от упора на столе станка или с помощью программного управления.

Ряд моделей отечественных фрезерных станков, в частности 6Р83, может быть настроен на работу по маятниковому циклу. Отличие метода фрезерования с применением маятниковой подачи от позиционного фрезерования на поворотных столах заключается только в том, что переход от обработки одной заготовки (или нескольких) к следующей производится путем реверсирования подачи стола, а не посредством его поворота в следующую позицию.

Непрерывное фрезерование. Это направление повышения производительности труда является наиболее эффективным. Заготовки в этом случае обычно устанавливаются на круглых столах, совершающих во время работы непрерывное вращение со скоростью рабочей подачи. Снятие обработанных и установка новых подлежащих обработке заготовок производится без остановки процесса фрезерования, путем использования свободной от работы фрезы загрузочной зоны стола в течение времени, которое затрачивается на перемещение стола в рабочей зоне.

На рис. XII.7 показана схема такой обработки на круглом поворотном столе с механическим приводом. Небольших размеров заготовки сложной формы обрабатываются торцевой фрезой по своей наружной плоской поверхности. Заготовки устанавливаются базовой поверхностью на торцы трех (для каждой) пальцев 5; при этом они ориентируются упорами 3. Прихваты 4, действующие вручную, прижимают заготовки к призмам 2. Призмы жестко закреплены на общем основании 1.

На рис. XII.8 приведены возможные варианты обработки партии чугунных кронштейнов по рис. XII.8, а. Требуется фрезеровать три бобышки, отмеченные на чертеже утолщенными линиями. Основание детали к обработано ранее и может служить базой при установке.

При осуществлении этой операции возможны следующие варианты 1) обработка по одной заготовке одной фрезой, обрабатываются все поверхности за одну установку заготовки или за несколько ее установок (при каждой установке фрезеруется только одна поверхность); 2) обработка набором фрез одновременно всех поверхностей при установке нескольких заготовок в ряд, 3) обработка по методу непрерывного фрезерования набором фрез на вертикально-фрезерном станке с круглым столом, 4) обработка по методу позиционного фрезерования на специальном поворотном столе.

Первый вариант как явно непроизводительный не рассматривается. Сравнительно подлежат только три последних варианта, применяемые в серийном производстве.

Второй вариант можно характеризовать как метод множественной и одновременно многоинструментной обработки. Заготовки в этом случае устанавливаются в ряд в специальном приспособлении (рис. XII.8, б) на столе горизонтально- или вертикально-фрезерного станка. Расстояния между центрами обрабатываемых деталей равны 125 мм. Обработка ведется набором из трех дисковых фрез диаметром 200 мм со вставными ножами (вид А).

При одновременной установке шести заготовок длина l рабочего пути, приходящая на одну заготовку, будет равна

$$l = (125 \cdot 5 + 200) / 6 = 137,5 \text{ мм.}$$

Здесь 200 мм — дополнительная длина пути, связанная с врезанием и перебегом фрезы

Применение метода непрерывного фрезерования при обработке этих заготовок целесообразно в случае использования вертикально-фрезерного станка. Заготовки в этом случае устанавливаются на круглом столе диаметром 800 мм. Принципиально возможны два варианта расположения обрабатываемых заготовок: при первом ва-

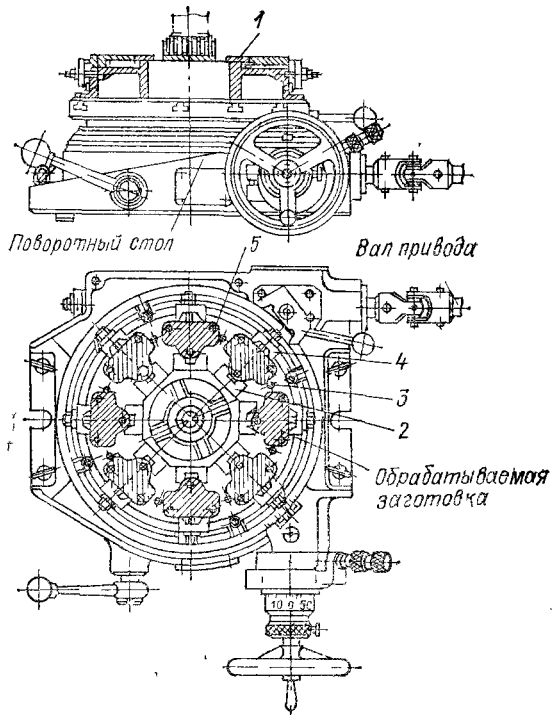


Рис. XII.7.

Схема непрерывного фрезерования на круглом столе с множественным приспособлением при механическом приводе круговой подачи

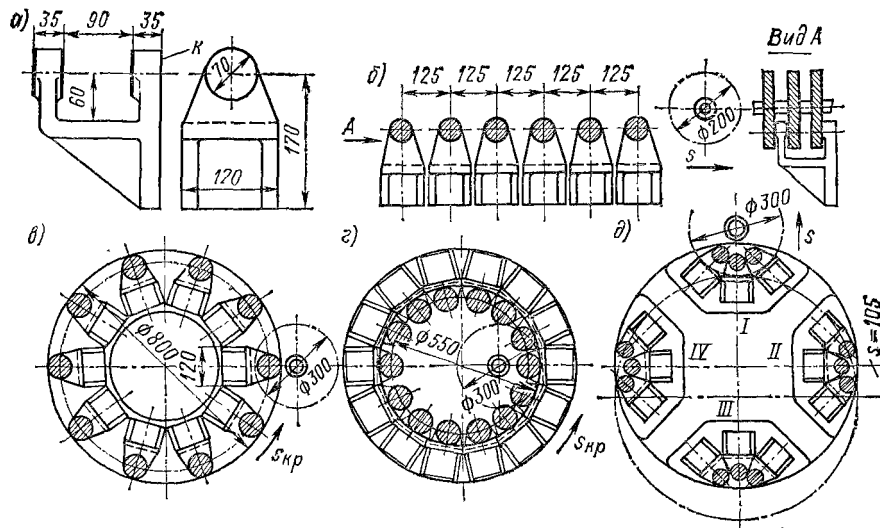


Рис. XII.8.

Схемы вариантов фрезерования бобышек чугунных кронштейнов с различными затратами штучного времени

рианте (рис. XII.8, в) на столе устанавливается 10 заготовок, а при втором (рис. XII.8, г) — 14.

Обработка производится набором дисковых фрез диаметром 300 мм, консольно закрепленных на оправке. Длина рабочего пути, приходящаяся на одну заготовку, при первом варианте расположения заготовок будет равна

$$\pi D/n = (3,14 \cdot 800)/10 = 251,2 \text{ мм};$$

при втором варианте —

$$\pi D/n = (3,14 \cdot 550)/14 = 123,3 \text{ мм}.$$

При использовании метода позиционного фрезерования заготовки устанавливаются по 3 шт. в специальном приспособлении. Четыре таких приспособления располагаются на круглом четырехпозиционном поворотном столе (рис. XII.8, д). Обработка, как и в предыдущем случае, ведется набором дисковых фрез диаметром 300 мм. Длина рабочего пути, приходящаяся на одну заготовку, составляет всего $105 : 3 = 35$ мм.

Все приведенные выше варианты были оценены по достигаемой при их применении производительности труда. При этом были учтены все составляющие времени, т. е. не только машинное, но и время, затрачиваемое на установку, закрепление и съятие заготовки, а также на подвод и отвод фрезы и управление станком.

Данные, характеризующие производительность труда при каждом варианте обработки, приведены в табл. XII.2. Из таблицы следует, что рассматриваемые заготовки дают возможность компактного расположения их группами (без промежутков между обрабатываемыми поверхностями) по 3 шт., наиболее производительным является позиционное фрезерование при расположении заготовок по схеме д).

Групповой метод обработки заготовок. Этот метод позволяет получить значительный экономический эффект не только в пределах собственно обработки, но и на этапах подготовки производства. Сущность его состоит в следующем: все изделия (или некоторая их часть), являющиеся объектами того или иного производства, на базе технологической их классификации делятся по классам и группам.

Каждая группа (рис. XII.9) представляет собой совокупность деталей, объединенных общностью форм, материала и физических свойств, определяющих их конструкцию. На этой основе появляется возможность изготавливать детали по унифицированному технологическому процессу на одних и тех же станках.

Групповые (унифицированные) технологические процессы устраняют необходимость в разработке индивидуального технологического процесса изготовления детали каждого другого наименования. Конкретизация процесса достигается укрупнением размеров, выполняемых в переходах обработки данной заготовки, размерами инструментов и особенностями применения технологической оснастки.

Групповая технологическая оснастка (приспособления для установки и закрепления, оправки фрез, специальные контрольные и измерительные средства и пр.), позволяющая использовать ее для изготовления каждой детали, входящей в данную группу (иногда с небольшой переналадкой), сокращает затраты на подготовку производства и ускоряет процесс ее осуществления. Затраты времени на обработку сокращаются за счет: ее осуществления на наиболее соответствующем цели оборудовании, за которым закрепляется обработка изделий всей группы; применения повышающей производительность специализированной групповой оснастки; приобретения высокопроизводительных навыков выполнения работ, на которых специализируется рабочий.

Автоматизация процессов обработки. Фрезерование на станках с программным управлением является универсальным решением задачи повышения производительности труда. Неавтоматизированными в этом случае остаются лишь вспомогательные работы, связанные с установкой, закреплением, снятием заготовок, контрольными измерениями, включениями и выключениями станка. Существенные затраты высококвалифицированного труда здесь относятся только к наладке станка на обработку (см. гл. III). Вся остальная работа производится оператором. Она сводится к неавтоматизированным приемам обслуживания станка и задаче его выключения в условиях возникновения аварийной ситуации — поломки фрезы, сбоя ЧПУ, прекращения подачи сжатого воздуха или давления в системе гидрозажимов и т. п.

Оператор может успешно выполнять обработку на двух-трех рядом расположенных фрезерных станках с ЧПУ. При этом чем большее число заготовок обрабатывается одновременно, тем длительнее основное (машинное) время на обработку одной заготовки, тем больше станков может быть обслужено одним оператором. Исходя из этого, объективным фактором повышения производительности труда на станках

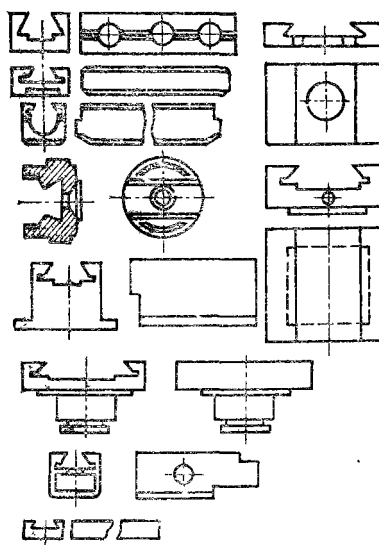


Рис. XII.9.

Детали, объединенные в группу по технологической классификации группового метода обработки

Таблица XII.2

Данные различных вариантов обработки на фрезерных станках заготовки, показанной на рис. XII.8, а

Номер варианта	Характеристика варианта обработки и способа установки	Время на одну деталь, мин	Производительность, % по отношению к варианту 1
1	Последовательное фрезерование при установке в ряд шести заготовок по схеме б	1,74	100
2	Непрерывное фрезерование при установке 10 заготовок по схеме в	1,7	102,3
3	Непрерывное фрезерование при установке 14 заготовок по схеме г	0,81	214,8
4	Позиционное фрезерование при установке трех заготовок (в позициях I—IV) по схеме д	0,6	283

с ЧПУ является всемерное увеличение числа одновременно обрабатываемых заготовок или загрузка станков с ЧПУ заготовками с очень сложными процессами фрезерования. Последнее, однако, обычно связано с применением в одной операции нескольких различных по типу и размерам фрез. Это требует запрограммированных технологических остановок станка и ручных приемов по замене одних инструментов другими. Этим нарушается целесообразная продолжительность основного времени и, следовательно, возможность многостаночного, т. е. высокопроизводительного обслуживания.

Наладку фрезерных станков с ЧПУ производят на большинстве предприятий наладчики. Однако такая организация работы объективно ведет к простоям станка, так как наладчик к моменту окончания обработки партии деталей может не быть свободным и тут же приступить к наладке станка на обработку заготовок изделий другого наименования.

В целях предотвращения простоев столь ценного оборудования необходимо добиваться повышения квалификации операторов, приобретения ими знаний и практических навыков по наладке фрезерных станков с ЧПУ для того, чтобы производить настройку станка без наладчика.

Многооперационная обработка на станках с ЧПУ может успешно выполняться на фрезерных станках, специально предназначенных для этой цели и располагающих автоматической сменой инструментов (см. гл. III). На таких станках в одной операции с одной установки заготовки могут производиться фрезерование, сверление и растачивание в непрерывном автоматическом цикле (автоматическое изменение скорости главного движения, подачи, автоматическая смена инструмента).

Повышение производительности труда достигается за счет значительного сокращения затрат вспомогательного времени, уменьшения транспортных расходов на межоперационные перевозки заготовок и потребности в площадях для межоперационного хранения заготовок. При многооперационной обработке повышается качество изделий за счет одноразовой установки, исключающей ошибки ориентирования при переходе с операции на операцию.

XII.3. Повышение производительности труда за счет оптимизации режимов резания и совершенствования режущих инструментов

Под оптимальным режимом резания принято понимать такой режим, который обеспечивает наибольшую производительность (наименьшее машинное время). Выбор режимов резания производится в определенной последовательности. Сначала выбирается режущий инструмент, затем уже по характеристике заготовки и фрезы — режим фрезерования.

Выбор рациональной конструкции и геометрии фрез. Последовательность выбора фрез определяется следующим.

1. Выбор материала инструмента (фрезы). Фрезы малых размеров, фасонные и угловые фрезы изготавливаются преимущественно из быстрорежущих сталей. Поэтому выбор материала инструмента при работе такими фрезами, а также в тех случаях, когда невозможно обеспечить достаточную скорость резания, предопределен. Это, как правило, быстрорежущая сталь марок P18 и P12.

Число твердосплавных фрез непрерывно увеличивается. Выбор марки твердого сплава для таких фрез следует проводить по табл. I.19.

2. Выбор геометрических параметров режущей части фрезы. В табл. XII.3 приведены значения геометрических параметров для быстрорежущих и твердосплавных фрез. Необходимо отметить, что фрезеровщику большей частью приходится пользоваться «покупным» (стандартным) инструментом с уже заданными для наиболее часто встречающихся в практике случаев обработки геометрическими параметрами (см. гл. V).

3. Выбор диаметра фрезы. Диаметр фрезы выбирается в зависимости от размеров обрабатываемой поверхности, глубины резания, конструктивных размеров и формы детали. Необходимо учитывать, что фрезы меньшего диаметра обеспечивают большую производительность, поэтому рекомендуется выбирать фрезу с возможно

Таблица XII.3

Геометрические параметры режущей части фрез

Фрезы с пластинками из твердого сплава							
Торцевые фрезы							
Обрабатываемый материал	Углы заточки зубьев фрезы в сборе, °						Радиус при вершине r , мм
	Угол в плане			Задний угол $\alpha = \alpha_1$		Передний угол γ	
	главный	переходной кромки φ_0	вспомогательный φ_1	для работы с подачей S_z , мм/зуб			
			$< 0,25$	$> 0,25$			
Сталь конструкционная углеродистая и легированная, $\sigma_B < 780$ МПа	15—60	$\frac{\varphi}{2}$	5	12—15	6—8	От —5 до —10	—
Сталь жаропрочная	30—60	—	10	10	10	+8	1,0
Чугун серый	15—60	$\frac{\varphi}{2}$	5	12—15	6—8	+5	—
Чугун ковкий	60	$\frac{\varphi}{2}$	2	—	6—8	+7	—
<p>Примечание. Малые углы в плане $\varphi = 15 - 30^\circ$ следует применять при обработке на жестких станках для черновых рабочих ходов с малыми глубинами резания или чистовых рабочих ходов с невысокими требованиями к шероховатости и точности обработанной поверхности</p>							
Дисковые фрезы							
Обрабатываемый материал	Углы заточки зубьев фрезы, ...°						
		Задний угол			Передний угол γ	Угол наклона зуба φ	Вспомогательный угол в плане φ_1
		на периферии зуба α	на боковой стороне зуба α_1	на переходном лезвии, α_0			
Сталь конструкционная углеродистая и легированная	$\sigma_B < 785$ МПа	20	4	20	—5	8—15	2—5
	$\sigma_B > 785$ МПа	20—25	4	20—25	—10	8—15	2—5
Чугун серый		10—15	4	10—15	+5	8—15	2—5

Фрезы из быстрорежущей стали P18					
Передний угол γ , ...°					
Обрабатываемый материал	Фрезы				
	торцевые, цилиндрические, дисковые, концевые	дисковые, пазовые и отрезные		фасонные и угловые для обработки	
		$B < 3$ мм	$B > 3$ мм	черновой	чистовой
Сталь углеродистая и легированная, σ_B , МПа:					
< 600	20	5	10	15	10
600—1000	15	5	10	15	5
> 1000	10	5	10	10	5
Сталь жаропрочная и коррозионно-стойкая	10—15	—	10—15	5	—
Чугун, НВ, МПа:					
≤ 1500	15	5	10	15	5
1500—2200	10	5	10	10	5
> 2200	5	5	10	10	5
Медные сплавы	10	5	10	10	5
Алюминиевые сплавы	25	25	25	—	—
Пластмассы	6—10	8	10	—	—
<p>Пр и м е ч а н и я: 1. У фрез цилиндрических с углом наклона зубьев свыше 30° при обработке стали $\sigma_B < 600$ МПа передний угол $\gamma = 15^\circ$.</p> <p>2. У фасонных фрез с передним углом $\gamma > 0$ необходима коррекция контура при обработке точных профилей.</p> <p>3. При обработке жаропрочных коррозионно-стойких сталей торцевыми фрезами следует брать большие значения передних углов, при обработке концевыми и цилиндрическими — меньшие.</p>					
Задние углы, ...°					
Тип фрезы			Главный угол α_H	Торцевой угол α	
Торцевые и цилиндрические:					
с мелкими зубьями			16	8	
со вставными ножами и крупными зубьями			12	8	
Дисковые трех- и двусторонние:					
цельные			20	6	
со вставными ножами			16	6	
Дисковые пазовые и отрезные			20	—	
Концевые			14	8	
Прорезные			30	—	
Фасонные и угловые:					
незатылованные			16	8	
затылованные			12	—	

Продолжение табл. XII.3

Углы в плане и переходного лезвия, ...°				Длина переходного лезвия, мм
Тип фрез	Главный угол ϕ	Вспомогательный угол ϕ_1	Угол переходного лезвия ϕ_0	
Торцевые для стали и медных сплавов:				
со вставными ножами	45—60	1—2	—	—
цельные	90	1—2	45	1,0—2
Торцевые для жаропрочных и коррозионно-стойких сталей	45	2	45	2
Концевые	90	3	45	0,5—1,0
Дисковые:				
трех- и двусторонние	90	1—2	45	1,0—1,5
пазовые	90	1—2	—	—
Прорезные	—	15'—1° 30'	—	—
Отрезные (шириной св. 3 мм)	—	15'—1°	45	0,5
Пр и м е ч а н и е. На задней поверхности фрез при заточке оставлять круглошлифованную ленточку шириной не более 0,1 мм. Зубья у фрез прорезных и отрезных (круглых пил) затачиваются без ленточки				
Рекомендуемые значения угла наклона винтовых канавок, ...°				
Тип фрез	ω	Тип фрез	ω	
Цилиндрические:		Дисковые:		
крупнозубые	40	двусторонние	15	
мелкозубые	30—35	трехсторонние	8—15	
составные	20—45	» с разно-	10—15	
Торцевые:		направленным зубом		
с цельными зубьями	25—40	трехсторонние сборные		
со вставными ножами из быстрорежущей стали	10	при В, мм:		
Концевые	30—45	> 15	12—15	
Шпоночные	15—25	< 15	8—10	
		трехсторонние двоянные	15	

меньшим диаметром при условии обеспечения указанных выше параметров, а также достаточной жесткости системы фреза — оправка.

В гл. V приводятся наиболее рациональные стандартизованные (или нормализованные) конструкции фрез. Там же приведены и ненормализованные рациональные конструкции, применяемые новаторами производства. Как правило, во всех этих конструкциях указаны их геометрические параметры. При отсутствии таких указаний, а также в специальных случаях выбор геометрических параметров фрез следует осуществлять, пользуясь рекомендациями табл. XII.3.

Обобщение передового опыта дает основание выделить следующие направления совершенствования конструкции и геометрии фрез: широкое использование твердосплавных фрез, в том числе монолитных, а также фрез с неперетачиваемыми твердосплавными пластинками (см. гл. I); применение фрез со ступенчатым расположением зубьев; применение фрез с увеличенным размером стружечных канавок, это мероприятие связано с уменьшением числа зубьев и увеличением угла наклона спирали ω (в отдельных случаях до 75°); использование двухлезвийных фрез.

Выбор параметров режима резания. Последовательность выбора параметров режима резания определяется следующим.

1. Выбор глубины резания. Во всех случаях, когда это возможно, следует работать в один рабочий ход ($i = 1$). При повышенных требованиях к точности и шероховатости поверхности иногда приходится прибегать к двум рабочим ходам (первый — черновой, второй — чистовой).

2. Выбор подачи. Выбор подачи при чистовом рабочем ходе (шероховатость поверхности R_z 20 и менее) производится в зависимости от заданных параметров шероховатости поверхности.

В справочниках по выбору параметров режима резания, а также в других справочниках производственного назначения приводятся данные для выбора подачи на зуб s_z для различных условий фрезерования (табл. XII.4, XII.5, XII.14—XII.20).

3. Выбор скорости резания, числа оборотов фрезы и подачи в минуту. После того как выбраны диаметр фрезы D , число ее зубьев z , а также t и s_z , приступают к выбору v , n и s_M по таблицам для выбора параметров режима резания при обработке различных материалов (см. в справочниках по выбору параметров режима резания). В этих таблицах в зависимости от D , t , z и s_z приведены рекомендуемые значения v , n и s_M . Для измененных условий работы определенные по таблицам значения умножаются на поправочные коэффициенты, приведенные в конце этих таблиц.

Скорость резания

$$v = \frac{C_v D^a k_n k_\varphi}{T^m t^x s_z^y z^h B^z} \quad (122)$$

Рассчитывается скорость резания по наибольшему диаметру зубьев фрезы. Показатели степеней и значения коэффициентов, содержащихся в этой формуле, и коэффициента, учитывающего влияние режущего материала на скорость фрезерования, даны в табл. XII.6—XII.9. Скорость резания может выбираться и по приводимым ниже таблицам нормативов (см. табл. XII.17, XII.18, XII.20—XII.22), а также по обдемашиностроительным нормативам [7].

Окружная сила резания при фрезеровании

$$P_{ок} = C t^x s_z^y z B^z D^a \quad (123)$$

Показатели степеней и значения приводимых коэффициентов, а также поправочные коэффициенты для определения силы резания при фрезеровании даны в табл. XII.10 и XII.11, то же для определения мощности — в табл. XII.12 и XII.13.

4. Корректировка значения s_M по паспортным данным станка. Современные фрезерные станки снабжены приводами, как правило, не располагающими бесступенчатым регулированием минутной подачи s_M (кроме станков с ЧПУ) и чисел оборотов фрезы n . Поэтому определенные на предыдущем этапе s_M и n должны быть сверены с паспортом станка. При отсутствии в паспорте значения, соответствующего определенному по таблице, в качестве фактических принимаются ближайше меньшие значения по паспорту.

5. Проверка выбранного режима резания по мощности. Выбранный по нормативным таблицам и скорректированный по паспортным данным станка режим резания проверяется по мощности электродвигателя

Мощность резания при фрезеровании фрезями всех типов

$$N_{рез} = C_N 10^{-5} D^a N_t^x N_s^y N_B^u N_z^P \Lambda n^z \Lambda k_N \quad (124)$$

Должно быть обеспечено условие по формуле $N_{рез} \leq N_{э.д.н.}$. Значение КПД η берется из паспорта станка, либо в последнем указано значение эффективной мощности на шпинделе $N_{э.д.н.}$, соответствующее принятому на предыдущем этапе расчета режима резания значению фактического числа оборотов шпинделя.

Если выбранный режим резания не отвечает этому условию, необходимо установить значение минутной подачи s_M понизить до значения, допускаемого мощностью станка, и соответственно снизить число оборотов.

6. Определение основного времени. Для оценки эффективности выбранного режима резания производится расчет основного времени.

При определении ряда параметров режима резания надлежит учитывать жесткость технологической системы (СПИД), которая оказывает влияние на стойкость режущего инструмента. При снижении жесткости требуется соответствующее снижение нормативной подачи и скорости резания. Такое изменение определяется путем умножения на поправочные коэффициенты.

Таблица XII.5

Поправочные коэффициенты на подачу на зуб и скорость резания
в зависимости от степени жесткости системы СПИД

Тип фрез	Обрабатываемый материал	Шифр типовой схемы					
		I	II	III	IV	V	VI
		Поправочные коэффициенты на подачу k_{s_2}					
Концевые	Сталь и жароупорные сплавы	1,0	0,9	0,8	0,6	0,4	0,3
Дисковые		1,0	0,85	0,65	0,5	0,4	0,3
Отрезные		1,2	1,0	0,9	0,75	0,5	0,4
Цилиндрические фасонные	Сталь	1,0	0,8	0,65	0,5	0,5	0,5
	Жароупорные сталь и сплавы	1,0	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6
Торцевые	Сталь	1,0	0,75	0,6	0,6	0,6	0,6
	Жароупорные сталь и сплавы	1,0	0,75	0,5	0,5	0,5	0,5
		Поправочные коэффициенты на скорость резания k_v					
Концевые	Сталь и жароупорные сплавы	1,0	0,9	0,75	0,5	0,35	0,3
Дисковые		1,0	0,85	0,7	0,5	0,3	0,3
Отрезные		1,1	1,0	0,85	0,7	0,5	0,3
Цилиндрические фасонные		1,0	0,8	0,65	0,5	0,5	0,5
Торцевые		1,0	0,85	0,7	0,7	0,7	0,7

Таблица XII.6

Показатели степеней при определении скорости резания

Тип фрез	Обрабатываемый материал	Материал фрез	s_2	y	m	q	n	z	x
Цилиндрические, концевые, фасонные	Сталь	Быстрорежущая сталь	$\leq 0,1$ $> 0,1$	0,2 0,4	0,33	0,45	0,1	0,1	0,3
		Твердый сплав	$\leq 0,15$ $> 0,15$	0,35 0,6	0,6	0,25	0,18	0,5	0,45
	Серый чугун	Быстрорежущая сталь	$\leq 0,15$ $> 0,15$	0,2 0,6	0,25	0,7	0,3	0,3	0,5
			$\leq 0,1$ $> 0,1$	0,2 0,4	0,33	0,45	0,1	0,1	0,3
	Ковкий чугун		$\leq 0,1$ $> 0,1$	0,2 0,4	0,2 —	0,25 —	0,1 —	0,1 0,2	0,3 * 0,15 **
Торцевые, дисковые трехсторонние, прорезные	Сталь	Твердосплавные торцевые фрезы	0,4—0,8	0,1	0,2	0,2	—	0,1	0,2
	Серый чугун	Быстрорежущая сталь	—	0,4	0,15	0,2	0,1	0,5 0,1 *	0,5 0,1 **

Продолжение табл. XII.6

Тип фреза	Обрабатываемый материал	Материал фрез	s_z	γ	t	q	n	z	x
Торцевые, дисковые трехсторонние, прорезные	Ковкий чугун	Быстрорежущая сталь	$\leq 0,1$ $> 0,1$	0,4 0,2	0,2 —	0,25 —	0,1 —	0,3 0,1	0,3 0,15 **
	Серый чугун	Твердосплавные фрезы	$\leq 0,16$ $> 0,16$	0,3 0,56	— 0,35	— 0,25	— —	— 0,15	— 0,2
	Сталь	Твердосплавные дисковые фрезы	0,4— 0,09	0,47	0,35	0,3	—	0,1	0,5

* — Прорезные. ** — Торцевые.

Таблица XII.7

Коэффициенты C_v при определении скорости резания

Тип фрез	Материал фрез	Углеродистая сталь, $\sigma_B = 750$ МПа		Серый чугун, 190 НВ		Ковкий чугун, 160 НВ	
		s_z	C_v	s_z	C_v	s_z	C_v
Цилиндрические	Быстрорежущая сталь	$> 0,1$ $\leq 0,1$	35,4 35,0	$> 0,15$ $\leq 0,15$	27 57,6	$\geq 0,1$ $\leq 0,1$	49,5 77,0
	Твердый сплав	$> 0,15$ $\leq 0,15$	71 136	—	—	—	—
Концевые	Быстрорежущая сталь	—	49	—	72	—	68,5
Торцевые	Быстрорежущая сталь	$> 0,1$ $< 0,1$	41 64,7	—	42	$> 0,1$ $\leq 0,1$	57,4 90,5
	Твердый сплав	0,08— 0,2	300	$> 0,15$ $\leq 0,15$	176,5 306,5	—	—
Дисковые цельные с прямым зубом	Быстрорежущая сталь	—	68,5	—	72	—	95,8
Дисковые с вставными зубьями	Быстрорежущая сталь	$> 0,1$ $< 0,1$	48,5 75,5	—	85	$> 0,1$ $\leq 0,1$	68 105,8
	Твердый сплав	0,08— 0,12	40	—	—	—	—
Прорезные	Быстрорежущая сталь	—	53	—	30	—	74
Отрезные Фасонные		— —	53 44	— —	— —	— —	— —

Примечание. Коэффициенты C_v изменяются в зависимости от различных условий: а) для фрезерования за один проход с уменьшением шероховатости поверхности — 0,6; б) для фрезерования без охлаждения — 0,5; в) для фрезерования в направлении подачи фрезой из быстрорежущей стали — 1,5 и фрезой, оснащенной твердым сплавом, — 1,25; г) для фрезерования по корке — 0,6.

Таблица XII.8
Коэффициент k_{II} , учитывающий влияние режущего материала на скорость фрезерования

Марка инструментальной стали	P18, P9	9ХС	У10А, У12А	—
k_{II}	1,0	0,6	0,5	—
Марка твердого сплава ТК	T15K6	T14K8	T5K7	T5K10
k_{II}	1,0	0,94	0,82	0,74
Марка твердого сплава ВК	ВК8	ВК6	ВК3	ВК2
k_{II} при $s_z = 0,2$ мм/зуб	1,0	1,26	1,58	1,58
k_{II} при $s_z = 0,05$ мм/зуб	1,0	1,47	1,58	1,2

Таблица XII.9
Коэффициент k_{ϕ} , учитывающий влияние главного угла в плане на скорость фрезерования

Тип фрез	Главный угол в плане ϕ , °				
	90	60	45	30	20
Торцевые	0,95	1,00	1,06	1,16	1,30
Дисковые двухсторонние и концевые	1,00	1,05	1,10	1,23	1,37

Таблица XII.10
коэффициент C и показатели степени при определении силы резания

Тип фрез	Обрабатываемый материал	C				
		x	y	z	q	
Цилиндрические, концевые и торцевые при несимметричном резании	Сталь	68	0,86	0,71	1,00	-0,86
		82	1,10	0,80	0,9	-1,10
		39	0,56	0,74	1,00	-0,86
Угловые	Сталь	47	0,85	0,74	1,00	-0,86
Выпуклые и вогнутые фасонные		48	0,83	0,65	1,00	-0,83
Цилиндрические, концевые и торцевые при несимметричном резании	Чугун	70	1,14	0,70	1,00	-0,86
Торцевые при симметричном резании, дисковые и отрезные		70	1,14	0,70	1,00	-0,86

Таблица XII.11
Коэффициенты k_1 и k_2 при определении силы резания, учитывающие влияние скоростей резания и переднего угла на силу резания

γ , °	+15	+10	+5	0	-5	-10	-15	-20
k_1	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
v , м/мин	50	75	100	125	150	175	200	250
k_2	1,0	0,98	0,96	0,94	0,92	0,9	0,88	0,85

Таблица XII.12

Коэффициенты и показатели степени в формулах мощности резания

Тип фрез		Обрабатываемый материал	C_N	q_N	x_N	y_N	u_N	P_N	z_N
Торцевые		Сталь, $\sigma_B = 735$ МПа	42,4	-0,3	1,0	0,75	1,1	1,0	0,8
Дисковые при фрезеровании	Пазов		13,4	-0,1	0,9	0,8	1,1	1,0	0,9
	Плоскостей и уступов		14,4	-0,1	0,8	0,7	0,85	1,0	1,0
Цилиндрические			5,2	0,13	0,88	0,75	1,0	1,0	1,0
Концевые			0,64	0,27	0,85	0,75	1,0	1,0	1,13
Торцевые		Серый чугун, 190 HB	2,8	0	0,9	0,74	1,0	1,0	1,0
Цилиндрические			2,97	0,1	0,9	0,8	1,0	1,0	1,0
Торцевые		Ковкий чугун, 150 HB	52,2	-0,3	1,0	0,75	1,1	1,0	0,8

Таблица XII.13

Всправочные коэффициенты на мощность для измененных условий работы

Зависимость от обрабатываемого материала									
Обрабатываемый материал		Сталь			Серый чугун		Ковкий чугун		
Тип фрез	Торцевые, дисковые, цилиндрические	$k_{MN} = \left(\frac{\sigma_B}{75}\right)^{0,3}$			$k_{MN} = \frac{HB}{190}$		$k_{MN} = \frac{HB}{150}$		
	Концевые	$k_{MN} = \frac{\sigma_B}{75}$			—		—		
Зависимость от главного угла в плане					Зависимость от переднего угла				
φ, \dots°	15	30	60	75	90	γ, \dots°	-10	0	+10
$k_{\varphi N}$	1,23	1,15	1,0	1,06	1,14	$k_{\gamma N}$	1,0	0,89	0,79

Таблица XII. I

Подача при фрезеровании (в общем виде)

Черновое фрезерование инструментом из быстрорежущей стали					
Тип станков	Жесткость системы СПИД	Цилиндрические фрезы			
		с крупными зубьями и ножами		с мелкими зубьями	
		s_z , мм/зуб			
		Сталь	Чугун	Сталь	Чугун
Консольно-фрезерные средней жесткости	Повышенная	0,2—0,3	0,25—0,4	0,1—0,15	0,12—0,2
	Средняя	0,12—0,2	0,2—0,3	0,05—0,1	0,1—0,15
	Пониженная	0,1—0,15	0,12—0,2	0,06—0,08	0,08—0,12
Консольно-фрезерные пониженной жесткости	Средняя	0,1—0,15	0,12—0,2	0,05—0,08	0,06—0,12
	Пониженная	0,05—0,1	0,1—0,15	0,03—0,05	0,05—0,1
Тип станков	Жесткость системы СПИД	Торцевые фрезы			
		с крупными зубьями и ножами		с мелкими зубьями	
		s_z , мм/зуб			
		Сталь	Чугун	Сталь	Чугун
Консольно-фрезерные средней жесткости	Повышенная	0,12—0,2	0,3—0,5	0,08—0,12	0,2—0,3
	Средняя	0,08—0,15	0,2—0,4	0,06—0,1	0,15—0,3
	Пониженная	0,06—0,1	0,15—0,25	0,04—0,08	0,1—0,2
Консольно-фрезерные пониженной жесткости	Средняя	0,04—0,06	0,15—0,3	0,04—0,06	0,12—0,1
	Пониженная	0,04—0,06	0,1—0,2	0,04—0,06	0,08—0,15

Продолжение табл. XII 14

Тип станков	Жесткость системы СПИД	Дисковые трехсторонние фрезы				
		с крупными зубьями и ножами		с мелкими зубьями и ножами		
		s_z , мм/зуб				
		Сталь	Чугун	Сталь	Чугун	
Консольно-фрезерные средней жесткости	Повышенная	0,10—0,18	0,25—0,40	0,08—0,12	0,20—0,30	
	Средняя	0,08—0,15	0,20—0,30	0,06—0,10	0,15—0,25	
	Пониженная	0,06—0,10	0,15—0,25	0,04—0,08	0,10—0,20	
Консольно-фрезерные пониженной жесткости	Средняя	0,04—0,06	0,15—0,25	0,04—0,06	0,12—0,20	
	Пониженная	0,04—0,06	0,10—0,20	0,04—0,06	0,08—0,15	
<i>Грубое фрезерование инструментом, оснащенным твердым сплавом</i>						
t , мм	φ , ...°	Марка	Сталь			
			σ_B , МПа			
			до 600	610—800	810—1000	1000—2200
s_z , мм/зуб						
1—12	60	Т5К10	0,24—0,35	0,16—0,24	0,12—0,18	0,09—0,14
1—8	45		0,28—0,42	0,19—0,28	0,15—0,22	0,12—0,18
1—5	30		0,40—0,60	0,28—0,42	0,21—0,32	0,17—0,25
1—3	15		0,70—1,10	0,54—0,80	0,38—0,58	0,32—0,48
1—12	60	Т15К6	0,15—0,23	0,12—0,18	0,10—0,13	0,07—0,10
1—8	45		0,18—0,27	0,15—0,22	0,12—0,16	0,08—0,12
1—5	30		0,25—0,38	0,18—0,26	0,15—0,22	0,12—0,17
1—3	15		0,48—0,72	0,32—0,48	0,25—0,38	0,22—0,32
t , мм	φ , ...°	Марка	Чугун			
			HB, МПа			
			до 1800	1810—2000	2010—2200	2210—2400
s_z , мм/зуб						
1—12	60	ВК8, ВК4	0,46—0,70	0,42—0,65	0,36—0,60	0,30—0,48
1—8	45		0,52—0,80	0,50—0,75	0,45—0,70	0,38—0,60
1—5	30		0,70—1,20	0,65—1,40	0,60—1,00	0,55—0,85
1—3	15		1,20—2,20	1,20—2,00	1,00—1,80	0,90—1,50
1—12	60	ВК6	0,30—0,46	0,28—0,42	0,24—0,38	0,20—0,32
1—8	45		0,36—0,58	0,34—0,53	0,30—0,48	0,27—0,42
1—5	30		0,52—0,80	0,45—0,75	0,40—0,70	0,35—0,55
1—3	15		0,90—1,50	0,80—1,30	0,70—1,10	0,55—0,90

Продолжение табл. XII.14

Чистовое фрезерование					
Параметры шероховатости	Диаметр фрезы, мм				
	40		63		80
	Подача на оборот s_0				
	Сталь	Чугун	Сталь	Чугун	Сталь
R_z 40	3,1—1,8	2,9—1,6	4,0—2,3	3,5—2,0	4,7—2,7
R_z 20	1,8—1,0	1,6—1,0	2,3—1,3	2,0—1,2	2,7—1,5
R_a 2,5	1,0—0,6	1,0—0,6	1,3—0,7	1,2—0,7	1,5—0,8
Параметры шероховатости	Диаметр фрезы, мм				
	80	100		125	
	Подача на оборот s_0				
	Чугун	Сталь	Чугун	Сталь	Чугун
R_z 40	4,0—2,3	5,3—3,0	4,3—2,5	6,6—3,8	5,2—3,0
R_z 20	2,3—1,3	3,0—1,7	2,5—1,4	3,8—2,1	3,0—1,7
R_a 2,5	1,3—0,7	1,7—1,0	1,4—0,8	2,1—1,2	1,7—1,0
Параметры шероховатости	Диаметр фрезы, мм				
	160		200		
	Подача на оборот s_0				
	Сталь	Чугун	Сталь	Чугун	
R_z 40	7,3—4,1	5,6—3,2	8,9—5,0	6,4—3,7	
R_z 20	4,1—2,3	3,2—1,9	5,0—2,8	3,7—2,1	
R_a 2,5	2,3—1,3	1,9—1,1	2,8—1,6	2,1—1,2	

Продолжение табл. XII.14

Чистовое фрезерование стали			
Параметр шероховатости	Предел прочности при растяжении σ_B , МПа		
	700	900	1100
	Подача на оборот s_0		
R_z 20	0,80—0,50	1,00—0,7	0,20—0,90
R_a 2,5	0,55—0,40	0,60—0,45	0,70—0,55
R_a 1,25	0,25—0,20	0,30—0,20	0,35—0,25
R_a 0,63	0,15	0,15	0,20—0,15

Примечание. Приведенные подачи рассчитаны на следующие условия: торцевое биение фрезы до 0,02 мм, вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 5^\circ$, износ по задней поверхности 0,3—1,2 мм. При вспомогательном угле в плане $\varphi_1 = 2^\circ$ подачи можно увеличить вдвое.

Таблица XII.15

Поправочные коэффициенты на табличную подачу в зависимости от угла в плане φ лезвия

Обрабатываемый материал	φ, \dots°				
	60	45	30	15	8
Сталь	1,0	1,22	1,72	3,33	6,2
Чугун	1,0	1,25	1,75	3,36	6,28

Примечание. Уменьшение угла φ вызывает необходимость увеличения длины лезвия и как следствие — увеличения диаметра фрез; поэтому работа фрезами с малыми углами в плане рекомендуется при глубине резания не более 3—4 мм.

Таблица XII.16

Подача при фрезеровании цилиндрическими фрезами с пластинками из твердого сплава

Сталь		Чугун серый	
Подача на один зуб s_z (мм) при ширине фрезерования B , мм			
до 30	св 30	до 30	св 30
0,2—0,3	0,15—0,2	0,25—0,35	0,2—0,25

Примечание. Рекомендуется для всех видов обработки при нормальной жесткости СПИД; обеспечивает шероховатость поверхности R_z 20— R_a 2,5

Параметры режимов резания при фрезеровании конструкционной углеродистой и легированной стали цилиндрическими фрезами с пластинами Т13К6, ширина фрезерования 20—80 мм

D/z	t	Подача на один зуб s _z , мм																							
		до 0,12						до 0,16						до 0,22						до 0,3					
		v	л	s _M	v	л	s _M	v	л	s _M	v	л	s _M	v	л	s _M	v	л	s _M						
80 8	До 2	225	1010	825	233	925	1040	214	850	1290	195	775	1610												
	» 3	220	873	712	201	798	895	184	730	1110	169	670	1390												
	» 4,4	190	755	615	174	690	770	160	635	965	143	575	1200												
	» 6,5	164	650	530	150	495	555	137	545	830	125	495	1030												
	» 9,5	141	560	437	129	512	573	118	468	710	108	430	895												
100 10	До 2	257	816	835	236	750	1050	216	685	1300	197	625	1625												
	» 3	222	705	720	203	645	900	186	590	1120	170	540	1400												
	» 4,4	192	610	624	175	555	775	160	510	970	147	457	1190												
	» 6,5	165	525	535	151	480	670	138	440	835	127	405	1050												
	» 9,5	134	455	465	130	413	576	119	378	718	109	346	900												
125 12	До 2	265	650	795	243	618	1040	222	532	1210	203	515	1610												
	» 3	229	583	715	209	532	892	192	488	1110	175	445	1390												
	» 4,4	197	500	610	181	460	775	165	420	957	151	384	1200												
	» 6,5	170	432	530	156	396	665	142	360	820	130	330	1030												
	» 9,5	147	374	458	134	340	570	123	314	715	112	285	890												
Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от характеристик стали и состояния обрабатываемой поверхности																									
τ _B , МПа	500—550	560—620	630—700	710—790	800—890	900—970	980—1050	1060—1130																	
HB, МПа	1430—1580	1600—1770	1800—2000	2030—2260	2280—2550	2570—2760	2800—3000	3030—3230																	
k _v , k _п , k _{sM}	1,42	1,26	1,12	1,00	0,89	0,79	0,70	0,63																	
Поверхность	Без корки и прокат											С коркой													
												Штамповка, поковка			Отливка										
k _v , k _п , k _{sM}	1,0											0,9			0,8										

Таблица Х11.10

Подачи при фрезеровании торцевыми фрезами с пластинами из твердого сплава

Черновое фрезерование					
Мощность станка, кВт	Вид установки фрезы относительно заготовки	Сталь		Чугун	
		Марка твердого сплава			
		Т5К10	Т15К6	ВК8	ВК6
		Подача на один зуб s_z , мм			
Св. 10	Симметрично Смещено	0,16—0,20 0,32—0,40	0,12—0,15 0,24—0,30	0,26—0,32 0,50—0,64	0,18—0,24 0,38—0,48
5—10	Симметрично Смещено	0,12—0,14 0,24—0,28	0,09—0,11 0,18—0,22	0,20—0,24 0,38—0,45	0,14—0,18 0,28—0,36
Чистовое фрезерование					
Обрабатываемый материал	σ_s	Параметр шероховатости поверхности			
		R_z 20	R_a 2,5	R_a 1,25	
		Подача на один оборот s_0 , мм			
Сталь σ_B , МПа	≤ 700	5 2	0,8—0,5 1,6—1,0	0,55—0,4 1,1—0,8	0,25—0,2 0,50—0,4
	> 700	5 2	1,0—0,7 2,0—1,4	0,6—0,45 1,2—0,9	0,3—0,2 0,6—0,4
<p>Примечания: 1. Поддачи при обработке жаропрочных сталей выбирать не выше 0,15 мм/зуб. 2. Приведенные значения черновых подач рассчитаны на работу фрезами с числом зубьев, указанных в таблицах параметров режимов резания. При работе с увеличенным числом зубьев поддачи необходимо уменьшить на 15—20 %.</p>					

Таблица XII.20

Параметры режимов резания при фрезеровании конструкционной углеродистой и легированной сталей торцевыми фрезами с пластинами марки Т13К6

D/z	t	Подача на один зуб s_z , мм																																																																																																																																																																																																																																																																												
		до 0,07						до 0,13						до 0,24						до 0,33																																																																																																																																																																																																																																																										
		v	n	s_m	φ	n	s_m	v	φ	n	s_m	v	φ	n	s_m	v	φ	n	s_m																																																																																																																																																																																																																																																											
150	до 5,1 5	31 35	124 110	400 450	350 282	1000 1120	575 650	195 220	775 875	810 920	173 196	690 780	965 1090	200	до 16 5	380 315	580 670	236 260	220 249	468 530	337 370	173 196	367 415	465 526	154 174	327 370	547 620	300	до 16 5	263 205	126 117	217 236	209 226	332 375	309 350	164 184	261 295	437 495	147 166	234 265	525 595	400	до 16 5	253 280	282 285	161 182	200 226	199 225	230 260	157 178	156 177	327 370	140 158	140 157	389 440	400	до 16 5	225 190	186 210	142 161	185 209	147 166	203 230	147 166	117 132	292 330	129 146	102 116	345 390	<p>Поправочные коэффициенты на режимы резания для измененных условий в зависимости от механических свойств стали, состоящая обработанной поверхности, отношения ширины к диаметру фрезы</p>																				Механическая характеристика стали																				σ_p , МПа	до 560		560—620		630—700		710—790		800—890		900—1000										HB, МПа	до 1600		1600—1770		1800—2000		2030—2260		2280—2550		2570—2850										k_{φ} , k_n и k_{sM}	1,42		1,23		1,12		1,0		0,89		0,79										Поверхность	Без корки и прокат	С коркой																		Поковка, штамповка	Отливка	B/D		до 0,45		0,45—0,8		Св. 0,8										k_{φ} , k_n и k_{sM}	1,0	0,9	0,8	k_{φ} , k_n и k_{sM}		1,13		1,0		0,89										φ , °	90	60	40	Марка твердого сплава		Т17К12		Т14К6		Т5К12В										k_{sM}	0,7	1,0	1,1	k_{φ}		0,45		0,94		0,42									
200	до 16 5	380 315	580 670	236 260	220 249	468 530	337 370	173 196	367 415	465 526	154 174	327 370	547 620	300	до 16 5	263 205	126 117	217 236	209 226	332 375	309 350	164 184	261 295	437 495	147 166	234 265	525 595	400	до 16 5	253 280	282 285	161 182	200 226	199 225	230 260	157 178	156 177	327 370	140 158	140 157	389 440	400	до 16 5	225 190	186 210	142 161	185 209	147 166	203 230	147 166	117 132	292 330	129 146	102 116	345 390	<p>Поправочные коэффициенты на режимы резания для измененных условий в зависимости от механических свойств стали, состоящая обработанной поверхности, отношения ширины к диаметру фрезы</p>																				Механическая характеристика стали																				σ_p , МПа	до 560		560—620		630—700		710—790		800—890		900—1000										HB, МПа	до 1600		1600—1770		1800—2000		2030—2260		2280—2550		2570—2850										k_{φ} , k_n и k_{sM}	1,42		1,23		1,12		1,0		0,89		0,79										Поверхность	Без корки и прокат	С коркой																		Поковка, штамповка	Отливка	B/D		до 0,45		0,45—0,8		Св. 0,8										k_{φ} , k_n и k_{sM}	1,0	0,9	0,8	k_{φ} , k_n и k_{sM}		1,13		1,0		0,89										φ , °	90	60	40	Марка твердого сплава		Т17К12		Т14К6		Т5К12В										k_{sM}	0,7	1,0	1,1	k_{φ}		0,45		0,94		0,42																							
300	до 16 5	263 205	126 117	217 236	209 226	332 375	309 350	164 184	261 295	437 495	147 166	234 265	525 595	400	до 16 5	253 280	282 285	161 182	200 226	199 225	230 260	157 178	156 177	327 370	140 158	140 157	389 440	400	до 16 5	225 190	186 210	142 161	185 209	147 166	203 230	147 166	117 132	292 330	129 146	102 116	345 390	<p>Поправочные коэффициенты на режимы резания для измененных условий в зависимости от механических свойств стали, состоящая обработанной поверхности, отношения ширины к диаметру фрезы</p>																				Механическая характеристика стали																				σ_p , МПа	до 560		560—620		630—700		710—790		800—890		900—1000										HB, МПа	до 1600		1600—1770		1800—2000		2030—2260		2280—2550		2570—2850										k_{φ} , k_n и k_{sM}	1,42		1,23		1,12		1,0		0,89		0,79										Поверхность	Без корки и прокат	С коркой																		Поковка, штамповка	Отливка	B/D		до 0,45		0,45—0,8		Св. 0,8										k_{φ} , k_n и k_{sM}	1,0	0,9	0,8	k_{φ} , k_n и k_{sM}		1,13		1,0		0,89										φ , °	90	60	40	Марка твердого сплава		Т17К12		Т14К6		Т5К12В										k_{sM}	0,7	1,0	1,1	k_{φ}		0,45		0,94		0,42																																					
400	до 16 5	253 280	282 285	161 182	200 226	199 225	230 260	157 178	156 177	327 370	140 158	140 157	389 440	400	до 16 5	225 190	186 210	142 161	185 209	147 166	203 230	147 166	117 132	292 330	129 146	102 116	345 390	<p>Поправочные коэффициенты на режимы резания для измененных условий в зависимости от механических свойств стали, состоящая обработанной поверхности, отношения ширины к диаметру фрезы</p>																				Механическая характеристика стали																				σ_p , МПа	до 560		560—620		630—700		710—790		800—890		900—1000										HB, МПа	до 1600		1600—1770		1800—2000		2030—2260		2280—2550		2570—2850										k_{φ} , k_n и k_{sM}	1,42		1,23		1,12		1,0		0,89		0,79										Поверхность	Без корки и прокат	С коркой																		Поковка, штамповка	Отливка	B/D		до 0,45		0,45—0,8		Св. 0,8										k_{φ} , k_n и k_{sM}	1,0	0,9	0,8	k_{φ} , k_n и k_{sM}		1,13		1,0		0,89										φ , °	90	60	40	Марка твердого сплава		Т17К12		Т14К6		Т5К12В										k_{sM}	0,7	1,0	1,1	k_{φ}		0,45		0,94		0,42																																																			
400	до 16 5	225 190	186 210	142 161	185 209	147 166	203 230	147 166	117 132	292 330	129 146	102 116	345 390																																																																																																																																																																																																																																																																	
<p>Поправочные коэффициенты на режимы резания для измененных условий в зависимости от механических свойств стали, состоящая обработанной поверхности, отношения ширины к диаметру фрезы</p>																																																																																																																																																																																																																																																																														
Механическая характеристика стали																																																																																																																																																																																																																																																																														
σ_p , МПа	до 560		560—620		630—700		710—790		800—890		900—1000																																																																																																																																																																																																																																																																			
HB, МПа	до 1600		1600—1770		1800—2000		2030—2260		2280—2550		2570—2850																																																																																																																																																																																																																																																																			
k_{φ} , k_n и k_{sM}	1,42		1,23		1,12		1,0		0,89		0,79																																																																																																																																																																																																																																																																			
Поверхность	Без корки и прокат	С коркой																																																																																																																																																																																																																																																																												
		Поковка, штамповка	Отливка	B/D		до 0,45		0,45—0,8		Св. 0,8																																																																																																																																																																																																																																																																				
k_{φ} , k_n и k_{sM}	1,0	0,9	0,8	k_{φ} , k_n и k_{sM}		1,13		1,0		0,89																																																																																																																																																																																																																																																																				
φ , °	90	60	40	Марка твердого сплава		Т17К12		Т14К6		Т5К12В																																																																																																																																																																																																																																																																				
k_{sM}	0,7	1,0	1,1	k_{φ}		0,45		0,94		0,42																																																																																																																																																																																																																																																																				

Таблица XII.21

Параметры режимов резания при фрезеровании жаропрочной стали марки Х18Н9Т (ЭЯ1Т)
торцевыми фрезами с пластинами ВК8

D/z	t	Подача на один зуб фрезы s_z , мм																	
		до 0,05			до 0,07			до 0,10			до 0,15								
		v	f_z	s_M	v	f_z	s_M	v	f_z	s_M	v	f_z	s_M						
80 5	До 2	56	225	50	200	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	» 4	50	200	45	180	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
100 6	До 2	56	180	50	160	67	50	160	90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	» 4	50	160	48	126	40	40	126	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
150 10	До 2	63	126	60	100	70	50	100	100	100	40	80	120	—	—	—	—	—	
	» 4	50	100	50	80	60	40	80	80	40	40	80	120	—	—	—	—	—	
200 12	До 2	62	100	60	80	65	50	80	60	80	40	65	70	—	—	—	—	—	
	» 4	50	80	45	60	40	50	60	50	40	40	65	65	—	—	—	—	—	
250 14	До 2	51	65	30	65	35	51	65	35	50	40	50	52	—	—	—	—	—	
	» 4	51	65	25	50	30	40	50	30	40	40	50	50	—	—	—	—	—	
300 16	До 2	51	65	22	50	25	40	50	25	40	35	45	45	—	—	—	—	—	
	» 4	51	65	22	40	25	40	50	25	35	35	45	45	—	—	—	—	—	
350 18	До 2	57	227	50	205	64	51	205	64	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	» 4	55	218	48	197	61	49,5	197	61	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
400 20	До 2	57	164	29	148	37	51	148	37	46,5	134	47	—	—	—	—	—	—	
	» 4	55	160	28	144	36	49,5	144	36	45,5	130	45	—	—	—	—	—	—	
450 22	До 2	52	151	27	136	34	47	136	34	42,5	123	43	—	—	—	—	—	—	
	» 4	52	151	27	136	34	47	136	34	42,5	123	43	—	—	—	—	—	—	
500 24	До 2	58	124	33	112	42	53	112	42	47,5	101	53	43	91	67	—	—	—	
	» 4	57	121	31	109	40	51	109	40	46,5	98	50	41,5	88	64	—	—	—	
550 26	До 2	54	114	30	103	38	48,5	103	38	44	93	48	39,5	84	61	—	—	—	
	» 4	54	114	30	103	38	48,5	103	38	44	93	48	39,5	84	61	—	—	—	

200 — 8	До 2	57	91	33	52	82	41	74	52	42	67	66
	» 4	55	88	31	49,5	79	39	71	50	40	64	63
	» 8	53	85	30	47,5	76	37	69	47	39	62	60
250 — 8	До 2	57	73	26	52	66	33	60	41	42,5	54	52
	» 4	56	71	25	50	64	31	58	40	41	52	50
	» 8	52	66	24	47	60	30	54	38	38,5	49	48
<i>Поправочные коэффициенты на режимы резания для измененных условий работы в зависимости от марки, механических свойств стали, отношения ширины к диаметру фрезы и состояния обрабатываемой поверхности.</i>												
Марка		σ_B , МПа	k	B/D	До 0,45	0,45—0,8	Св. 0,8					
X18H9T		550—650	1,0	$k_{\sigma}, k_{\tau}, k_{S_{\Sigma}}$	1,13	1,0	0,89					
X17H2		1100—1300	0,75									
13X14HВФРД		950—1120	1,0	φ, \dots	30		60					
1X12H2ВМФ		1000—1200	0,9									
BT14		1000—1400	0,88			1,2	1,0					
X15H5ДТ		950—1150	0,68									
1X21H5T		820—1000	0,65									
OT4		700—950	0,65									
BT3-1		1100—1200	0,38									
XH35BT		950	0,5									
X23H18		600—620	0,8									
2X13		900—1190	1,5									
12XHВФА		950—1050	1,5									
ЭИ766		900—1000	0,2									
Подданы для шероховатости с параметрами $R_z = 80 \div 40$												
	D , мм			s_z , мм/зуб	D , мм	s_z , мм/зуб						
	70			0,3—0,06	160	0,07—0,12						
	100			0,05—0,09	250	0,01—0,15						

Т а б л и ц а Х II.22
 Поправочные коэффициенты на скорость резания при торцевом фрезеровании в зависимости от обрабатываемого материала
 и материала инструмента

Инструмент из быстрорежущей стали														
σ_B , МПа	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100
	НВ, МПа	1295 1310 1370 1460 1600 1800	1380 1460 1600 1740 1885 2000	1535 1600 1740 1885 2000 2165	1690 1740 1885 2000 2165 2330	1847 1885 2000 2165 2330 2460	2000 2030 2165 2330 2500 2675	2150 2030 2165 2330 2500 2675	2300—2750	2460 2450 2600 2805 2850	2620 2600 2740 2860 2890	2760 2600 2740 2860 2890	2880—2920	3025— 3045
Углеродистая (C ≤ 0,6 %)														
Группа стали														
f_z	1,68	1,58	1,35	1,26	1,17	1,08	1,00	0,94	0,89	0,84	0,62	0,56	0,51	0,46
Хромоникелевая														
Группа стали														
k_r	1,84	1,16	1,41	1,28	1,14	1,02	0,9	0,83	0,76	0,69	0,56	0,51	0,46	0,42
Хромистая														
Группа стали														
k_s	—	—	1,38	1,24	1,11	0,97	0,85	0,77	0,71	0,64	0,53	0,48	0,43	0,39
Марганцовистая														
Группа стали														
k_D	1,25	1,1	1,02	0,94	0,86	0,80	0,75	0,70	0,66	0,62	0,47	0,42	0,38	0,34
Высокоуглеродистая конструкционная (C > 0,6 %)														
Группа стали														
k_z	—	—	—	—	0,90	0,86	0,80	0,75	0,71	0,67	0,50	0,45	0,41	0,37
Инструмент, оснащенный твердым сплавом														
Все группы стали														
Группа стали														
k_D	1,67	1,5	1,36	1,25	1,15	1,07	1,00	0,94	0,88	0,83	0,79	0,75	0,71	0,68

Таблица XII.23

Геометрические параметры режущей части вставных ножей торцевых фрез, изготовленных с использованием КНБ

Обрабатываемый материал	Марка КНБ	Углы режущей части ножей, ...°					
		γ	α	λ	φ	φ_1	r , мм
СЧ 15; СЧ 30, 1800—2400 НВ	Гексанит-Р; Эльбор-Р	5—8	8—12	—	40—50	10—15	0,5 *
Сталь конструкционная углеродистая, $\sigma_B = 650 \div \div 750$ МПа	Эльбор-Р; Композит 0,5	10—15	15—20	0—5	60—45	15—20	0,2—0,4

* Целесообразно применять переходное лезвие, параллельное фрезеруемой плоской поверхности

В таблицах по режимам резания приняты следующие условные обозначения: D — диаметр фрезы, мм; B — ширина обрабатываемой поверхности, мм; L — длина обрабатываемой поверхности, мм; v — скорость резания, м/мин; n — частота вращения шпинделя, об/мин; s_z — подача на зуб, мм/зуб; s_0 — подача на один оборот фрезы, мм/об; s_M — минутная подача, мм/мин; t — глубина резания, мм; $N_{рез}$ — мощность резания, кВт; $N_{действ}$ — действительная мощность, кВт; $N_{э.д}$ — мощность электродвигателя станка, кВт; η — коэффициент полезного действия станка (КПД); η_M — коэффициент использования мощности; T — период стойкости инструмента, мин; k_s — поправочный коэффициент на подачу; k_v — поправочный коэффициент на скорость резания; k_n — поправочный коэффициент на частоту вращения; k_M — поправочный коэффициент на обрабатываемый материал; k_{sM} — поправочный коэффициент на минутную подачу; НВ — твердость обрабатываемого материала по Бриеллю; σ_B — предел прочности обрабатываемого материала при растяжении, МПа; HRC — твердость обрабатываемого материала по Роквеллу; φ — главный угол в плане, ...°; φ_1 — вспомогательный угол в плане, ...°; γ — передний угол, ...°; α — задний угол, ...°.

Геометрические параметры режущей части вставных ножей торцевых фрез, изготовленных с использованием КНБ, и рекомендуемые при этом параметры режимов резания приведены в табл. XII.23 и XII.24.

Таблица XII.24

Рекомендуемые (ориентировочные) параметры режимов резания при использовании КНБ (тонкое и чистовое фрезерование торцевыми фрезами)

Обрабатываемый материал	Марка КНБ	v , м/мин	s_z , мм/зуб	t , мм
СЧ 15; СЧ 30, 1800—2400 НВ	Гексанит-Р	250—500	0,05—0,6	0,5—1,0
Сталь конструкционная углеродистая, $\sigma_B = 650 \div \div 750$ МПа	Эльбор-Р	350—400	0,04—0,2	0,2—1,0

Глава XIII
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС
ПРИ РАБОТЕ НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ**

**XIII.1. Технологический процесс обработки заготовок
на станках**

Для изготовления каких-либо изделий в необходимых количествах требуется осуществлять некоторое число различных процессов, как непосредственно связанных с переработкой поступающих материалов и полуфабрикатов в готовую продукцию (изделие), так и вспомогательных (транспортирование, погрузка и разгрузка, подача энергии, ремонт оборудования, изготовление и заточка инструмента, учет и планирование работ и т. п.). Совокупность этих процессов называется производственным процессом данного завода или цеха.

Технологический процесс является частью производственного процесса, содержащей действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства, иначе, — совокупность всех работ (действий), необходимых для изготовления изделия путем изменения формы и физического состояния материалов или полуфабрикатов. Технологические термины и определения приводятся в соответствии с Единой системой технологической документации (ЕСТД) по ГОСТ.3.1109—73.

Технологические процессы могут иметь различный вид: проектный, рабочий, единичный, типовой, стандартный, временный, перспективный, маршрутный, операционный, маршрутно-операционный.

В структуру технологического процесса входят: технологическая операция, установка, технологический переход, вспомогательный переход, рабочий ход, вспомогательный ход, позиция, прием.

Технологическая операция — законченная часть технологического процесса изготовления изделия, выполняемая на одном рабочем месте, одним или несколькими рабочими.

Установка — часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок.

Позиция — фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения определенной части операции.

Технологический переход — законченная часть технологической операции, характеризующаяся постоянством применяемого инструмента и поверхностей, образуемых обработкой. В переходе предусматривается, наряду с постоянством применяемого инструмента, неизменность режима работы оборудования, при этом изменения, осуществляемые в автоматическом цикле, не учитываются. Если режим работы оборудования изменяется в результате ручного управления, то возникает новый технологический переход.

Вспомогательный переход — законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением формы, размеров и шероховатости поверхностей, но необходимы для

выполнения технологического перехода, например установка заготовки, смена инструмента.

Рабочий ход — законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, шероховатости поверхности и физических свойств заготовки.

Вспомогательный ход — законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, не сопровождаемого изменением форм, размеров, шероховатости поверхности и физических свойств заготовки, но необходимого для выполнения рабочего хода.

Прием — законченная совокупность отдельных движений человека при выполнении им некоторых частей технологической операции и при подготовке к ней. Обычно рабочими приемами являются вспомогательные ручные действия, например постанка или снятие заготовки, включение или выключение подачи, главного движения и т. п.

Технологический процесс должен соответствовать объему и виду производства.

Масштаб производства — объем осуществляемых работ, характеризуемый количеством производимой продукции и определяемый размером производственной программы. Масштабу производства должна соответствовать организация производственных процессов. Различают следующие виды производства: единичное (индивидуальное); серийное и массовое.

Единичное производство характеризуется изготовлением одного или нескольких неповторяющихся изделий. В этом производстве наблюдается непрерывная замена одного объекта производства совершенно другим, отличающимся конструкцией, размерами и массой. Для того чтобы имелась возможность изготавливать такое многообразие изделий, оборудование должно быть универсальным, легко переналаживаемым с обработки одной заготовки на другую.

В единичном производстве обычно применяют нормальные — стандартные и универсальные инструменты, так как затраты на изготовление инструментов не окупаются. По этой же причине не изготавливаются специальные приспособления.

Серийное производство характеризуется систематической повторяемостью изготовления в некоторых количествах одних и тех же типовых изделий через определенные промежутки времени. Этот вид производства подразделяется на мелко- и крупносерийное. Если повторяемые количества изделий невелики, то такое производство считают мелкосерийным, если же они велики, — крупносерийным.

Повторяемые в производстве одни и те же изделия позволяют изготавливать такие изделия партиями, при этом всегда на одном и том же оборудовании. Обработка партиями сокращает время переналадки станков, удлиняет время непрерывной работы над одинаковыми заготовками на каждом рабочем месте. Такая организация работ оправдывает применение различных переналаживаемых и даже специальных инструментов и приспособлений, что значительно повышает производительность труда.

В серийном (и даже мелкосерийном) производстве экономически эффективно применять станки с ЧПУ и с различными другими устройствами и приспособлениями, ускоряющими процессы изготовления.

Массовое производство отличается непрерывностью процессов изготовления изделий. Если какая-либо заготовка в массовом производстве должна быть обработана последовательно на нескольких станках и других рабочих местах, то в каждый момент времени на каждом из этих станков и рабочих местах производится обработка этих заготовок.

В серийном производстве на каждом станке периодически обрабатываются различные заготовки одной группы, в массовом производстве преимущественно на каждом станке обрабатывается всегда одна и та же заготовка с выполнением одной и той же технологической операции. Такая особенность массового производства позволяет широко использовать специальные станки, автоматическое оборудование и технологически замкнутые автоматические линии.

Поточное производство — особый вид организации массового производства. Его особенность — одинаковый темп выполнения обработки заготовки на различных операциях технологического процесса изготовления изделия. Все рабочие места и оборудование, участвующее в технологическом процессе, располагаются при поточном производстве в последовательности, точно соответствующей последовательности операций процесса изготовления данного изделия. Транспортирование за-

готовок от одного рабочего места к следующему совершается механически и в одном направлении. Это позволяет применять специальные транспортные и загрузочно-разгрузочные устройства с периодическими и непрерывными действием и движением. Поточное производство находит применение и при серийном выпуске изделий.

Технологический процесс должен быть зафиксирован в технологической документации.

Маршрутная карта (МК) содержит описание технологического процесса изготовления изделия по всем операциям в определенной технологической последовательности с указанием оборудования, оснастки, материальных и трудовых норм в соответствии с установленными формами.

Технологическая инструкция (ТИ) содержит описание приемов работы или технологических процессов изготовления изделия (включая контроль и перемещения), правил эксплуатации средств технологического оснащения, описания физических и химических явлений, возникающих при отдельных операциях.

Карта технологического процесса (КТП) содержит описание технологического процесса изготовления изделия по всем операциям одного вида работ, выполняемых в одном цехе в технологической последовательности с указанием данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых нормативах.

Операционная карта (ОК) содержит описание технологической операции с указанием переходов, режимов обработки и данных о средствах технологического оснащения.

Основные виды технологических документов: карта эскизов — КЭ; комплектная карта — КК; ведомость расцеховки — ВР; ведомость оснастки — ВО; ведомость материалов — ВМ; ведомость изделий (дегалей) — ВТП; ведомость технологических документов — ВТД; карта типового технологического процесса — КТПП; операционная карта типовая — ОКТ; ведомость операций; распечатка программы обработки — РПО¹; лента программноситель — ЛПН.

Список литературы

1. Блюмберг В. А. Справочник фрезеровщика. М.: Машиностроение, 1972. 357 с.
2. Блюмберг В. А., Близнюк В. П. Переалаживаемые станочные приспособления. М.: Машиностроение, 1978. 360 с.
3. Бергер И. И., Комлев А. П. Фрезерное дело. Учебное пособие для подготовки рабочих на производстве. М.: Высшая школа, 1981. 304 с.
4. Зазерский Е. И., Гутнер Н. Г. Токарь-расточник. Учебное пособие для технических училищ. М.—Л.: Машиностроение, 1960. 415 с.
5. Зазерский Е. И., Жалнерчик С. И. Технология обработки деталей на станках с программным управлением. М.: Машиностроение, 1975. 207 с.
6. Кувшинский В. В. Фрезерование. М.: Машиностроение, 1977. 238 с.
7. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч. 1, изд. 2-е. М.: Машиностроение, 1974. 427 с.
8. Пикус М. Ю., Пикус И. М. Справочник фрезеровщика. М.: Высшая школа, 1975. 324 с.
9. Плотницын В. Г. Наладка фрезерных станков. М.: Машиностроение, 1976. 234 с.
10. Серебренникий П. П. Пособие для станочников. Л.: Ленгиздат, 1978. 317 с.

¹ Для работы на станках с программным управлением.

Оглавление

Предисловие	3
Глава I. Общие сведения	4
I.1. Единицы мер и обозначения	—
I.2. Сведения об единой системе допусков и посадок	6
I.3. Шероховатость поверхности и способы ее оценки	16
I.4. Обозначения, применяемые на машиностроительных чертежах	18
I.5. Сведения из сопротивления материалов	23
I.6. Основные сведения о машиностроительных и инструментальных материалах	24
Глава II. Фрезерные станки и их эксплуатация	33
II.1. Основные сведения о фрезерных станках	—
II.2. Органы управления консольными фрезерными станками	37
II.3. Наладочное регулирование фрезерных станков	39
II.4. Основные правила техники безопасности при работе на фрезерных станках	42
II.5. Некоторые важные общие правила эксплуатации станков	43
Глава III. Фрезерные станки с программным управлением	45
III.1. Основные сведения о программном управлении	—
III.2. Кодирование программ и их носители	47
III.3. Устройство циклового программного управления	49
III.4. Устройство числового программного управления на фрезерных станках	51
III.5. Многооперационные фрезерные станки с программным управлением	57
III.6. Наладка фрезерных станков с программным управлением	59
Глава IV. Процесс фрезерования	66
IV.1. Основные понятия и определения	—
IV.2. Силы резания и мощность при фрезеровании	68
IV.3. Износ и стойкость фрез. Скорость резания	72
IV.4. Тепловые деформации, остаточные напряжения в заготовке и смазочно-охлаждающие жидкости	75
Глава V. Фрезы	78
V.1. Основные элементы, классификация и назначение фрез	—
V.2. Цилиндрические и дисковые фрезы	82
V.3. Торцевые и концевые фрезы	90
V.4. Фрезы для обработки пазов, уступов и канавок	109
V.5. Фрезы для выполнения разных работ	116
Глава VI. Установка и закрепление фрез на станке	119
VI.1. Присоединительные поверхности концов шпинделей, вспомогательных инструментов и фрез	—
VI.2. Закрепление фрез на центровых оправках	121

VI.3.	Составление и закрепление наборов фрез	125
VI.4.	Закрепленне концевых и торцевых фрез	129
Глава VII.	Заточка фрез	138
VII.1.	Способы и правила заточки	—
VII.2.	Выбор кругов и режимов резания при заточке	139
VII.3.	Проверка правильности заточенных фрез	142
Глава VIII.	Установка заготовок на фрезерных станках	145
VIII.1.	Общие правила установки заготовок	—
VIII.2.	Установка заготовок на поверхности стола	146
VIII.3.	Универсальные приспособления	154
VIII.4.	Переналаживаемые и универсально-наладочные фрезерные приспособления	161
VIII.5.	Приспособления для станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	168
Глава IX.	Делительные головки и их настройка	174
IX.1.	Устройство делительных головок и работа с ними	—
IX.2.	Деление заготовок на равные части	183
IX.3.	Настройка делительной головки для деления на неравные части	195
IX.4.	Настройка станка и делительной головки для фрезерования винтовых поверхностей (канавок)	196
Глава X.	Основные фрезерные работы	201
X.1.	Погрешности обработки	—
X.2.	Фрезерование плоскостей уступов и пазов	204
X.3.	Фрезерование пазов специальных профилей	219
Глава XI.	Сложные фрезерные работы	227
XI.1.	Фрезерование реек, червячных колес и червяков	—
XI.2.	Фрезерование шлицевых валов, кулачковых и зубчатых муфт	234
XI.3.	Фрезерование плоских криволинейных контуров и кулачков барабанного типа	238
XI.4.	Фрезерование фасонных пространственно-сложных поверхностей	247
Глава XII.	Пути повышения производительности труда на фрезерных станках	253
XII.1.	Повышение производительности труда за счет применения рациональных способов закрепления деталей на станке	—
XII.2.	Повышение производительности труда за счет выбора рационального метода фрезерования	254
XII.3.	Повышение производительности труда за счет оптимизации режимов резания и совершенствования режущих инструментов	262
Глава XIII.	Технологический процесс при работе на фрезерных станках	284
	Список литературы	286